Aus der
Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
(Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. Ewald Harndt)

Röntgenkinematographische Studien über geführte Unterkieferbewegungen zahnloser Patienten

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Udo Schmitthelm
aus Weßling

1966

Aus der
Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
(Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. Ewald Harndt)

Röntgenkinematographische Studien über geführte Unterkieferbewegungen zahnloser Patienten

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Udo Schmitthelm
aus Weßling

Dekan: Prof. Dr. med. Wilhelm Maßhoff

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. dent. Karl Eichner

Korreferent: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Ewald Harndt

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 6. Juni 1966

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

I Einleitung

II Hauptteil

1. Literaturübersicht
2. Eigene Untersuchungen - Methodik und Durchführung
   a. Feststellung der ursprünglichen Bissart mit Hilfe der Fernröntgenanalyse
   b. Führung der Unterkieferbewegung durch verschieden geformte Oberflächen von Bisswällen unter Berücksichtigung der individuellen Kalottenartikulation
   c. Röntgenkinematographische Darstellung der Kiefergelenkbahnen und die Einzelbildauswertung
3. Ergebnisse in klinischer und röntgenologischer Hinsicht
4. Diskussion der eigenen Ergebnisse
   Vergleiche
   a. zur Form der Kondylenbahn bei Öffnungs- und Schließbewegungen und beim Kauen
   b. zur Form der Kondylenbahn bei geführten Unterkieferbewegungen
   c. zu den einzelnen Bisstypen
5. Diskussion der eigenen Ergebnisse zu bisherigen Untersuchungen

III Zusammenfassung

IV Literaturverzeichnis

I Einleitung

Bemüht man sich, in der einschlägigen Literatur geeignetes Schrifttum zu finden, muß man feststellen, daß nur wenig über röntgenkinematographische Untersuchungen zur Analyse der Kiefergelenkbewegungen am lebenden Menschen bekannt ist, obwohl keine der bewegungsmechanischen Verhältnisse in der Anatomie so eingehend diskutiert und beschrieben wurden, wie die Bewegungen des Unterkiefers. Das mag einmal daran liegen, daß die röntgenologische Darstellung der Kiefergelenke mit Schwierigkeiten verbunden ist. Es genügen Hinweise auf die Lage des Kiefergelenkes, eingebettet in die Unterseite des dichten Knochenmassives der Schädelbasis, auf die Variabilität der anatomischen Form des Gelenkes und auf die Vielfalt der Bewegungen in den beiden, untereinander funktionell verbundenen Gelenken. Über die Wege, die zur Umgehung der oben genannten Schwierigkeiten im Laufe der Entwicklung der Röntgenaufnahmetechnik eingeschlagen wurden, sind am besten in der von C l e m e n t s c h i t s c h (2) verfassten Übersicht nachzulesen. Ein anderer Grund für die spärliche Ausbeute der Literaturübersicht dürfte die Tatsache sein, daß erst in jüngster Zeit mit der technischen Entwicklung der Röntgenkinematographie die Funktionsdiagnostik des menschlichen Kiefergelenkes in zunehmendem Masse an Bedeutung gewinnt. Diesem Gebiet hat sich H i e l s c h e r (10) eingehend

gewidmet, und letztlich gab er den Anlaß für meine Themastellung, indem er folgendes schrieb:
"Der Vorstellung vom kondylären Bewegungsablauf ist deshalb Beachtung zu schenken, weil wir bemüht sind, die statischen und funktionellen Gegebenheiten zentraler Lokalisation für die Diagnostik der funktionellen Dysharmonien und deren Therapie einerseits und für die prothetische Interpretationen hinsichtlich der herrschenden Artikulationsdaten andererseits komplett zu erfassen. Es erscheint dringlich, die Lagebeziehungen in den Kiefergelenken während des Bewegungsablaufes für die Richtwerte der prothetisch zu ergreifenden Maßnahmen genau zu verfolgen."
H i e l s c h e r's Untersuchungen erstrecken sich auf das vollbezahnte Gebiß. Diese Arbeit soll nun die Bewegungsabläufe der Kiefergelenke bei unbezahnten Kiefern beleuchten. Im Hinblick auf das für die Prothetik interessante Thema hat E i c h n e r unter Zuhilfenahme der röntgenkinematographischen Aufnahmemöglichkeiten einen zahnlosen Patienten mit der später beschriebenen Methodik untersucht. Die von E i c h n e r gefundenen Ergebnisse sollen durch diese Arbeit mit weiteren Patienten unter Berücksichtigung verschiedener Bißtypen untermauert und erörtert werden.

II Hauptteil

1. Literaturübersicht

Die erste Veröffentlichung über Kiefergelenksbewegungen auf Grund röntgenkymographischer Untersuchungen stammt von dem Schweizer Zimmer (23) aus dem Jahre 1941. Eingehendere Beschreibungen über röntgenkinematographische Studien der Kiefergelenke sind in einer Abhandlung von dem belgischen Kieferorthopäden Tridon (21) aus dem Jahre 1950 zu finden. Der Autor berichtet über eine von ihm entwickelte Methode, die es gestattet, in gleichen Zeitabständen Röntgenaufnahmen derselben Stellung, Strahlenhärte und Belichtungsdauer mit einem bestimmten Aufnahme- und Filmwinkel zu nehmen und diese in der Folge von 16 Bildern in der Sekunde als Film vorzuführen. Sein Hauptinteresse lag jedoch darin, durch Zeitraffung Knochenumbauvorgänge im menschlichen Kiefergelenk darzustellen.

Updegrave (22) schildert die Vorteile der Radiographie und unterstreicht die gute Beobachtungsmöglichkeit der Kiefergelenksbewegungen. Er demonstriert den Bewegungsablauf, indem er einzelne Filmbilder mit eingezeichneten Orientierungslinien gegenüberstellt.

Die Amerikaner Berry und Hofmann (1) haben sich mit der technischen Durchführung der Röntgenkinematographie (unter Verwendung eines elektronischen Bildverstärkers) befasst und beschreiben diese Methode anhand von

Kiefergelenksaufnahmen.

L i n d b l o m (15) berichtet über die Fortschritte in Schweden seit 1948 am Ausbau der Untersuchungsmethoden für röntgenkinegraphische Aufnahmen der Kiefergelenke, woran der Verfasser selbst maßgeblich beteiligt ist. Es wird ein von ihm konstruierter Apparat für indirekte Röntgenkinematographie gezeigt, eine Einstellungsanordnung für Schädelaufnahmen lateraler Kiefergelenkbewegungen erklärt und schließlich eine Serie Röntgenaufnahmen von verschiedenen Gelenkstypen während der Zentralokklusion sowie der Öffnungs- und Schließbewegungen wiedergegeben.

Einen sehr eindrucksvollen Röntgenfilm über die Bewegungen im Kiefergelenk hat J a n k e r (14) hergestellt. In ihm werden die drei Bewegungsarten des Unterkiefers aufgezeichnet, nämlich die Öffnungs- und Schließbewegungen, die Vorschub- und die Seitwärtsbewegungen. Diese lassen sich als Kaubewegungen während des Abbeißens und Zermahlens einer Kontrastnahrung sehr deutlich verfolgen.

H i e l s c h e r (9;10;11) beschäftigte sich röntgenkinematographisch vor vier Jahren eingehend mit der Form der Kondylenbahn unter verschiedenen Aspekten. In seiner Publikation wird zunächst ein Überblick der heute bekannten Röntgenaufnahmenmöglichkeiten des Kiefergelenkes gegeben und kritisch beurteilt. Der Autor schildert dann die Untersuchungsmethodik, mit der die kondylären Bewegungsbahnen bei bestimmten Bewegungsformen des Unterkiefers von ihm graphisch

dargestellt werden. Er berücksichtigt die Öffnungs- und Schließbewegungen, die Protrusions- und Kaubewegungen. Dabei wurden vollbezahnte Patienten verschiedener Bißtypen zur Untersuchung herangezogen.

Letztlich ist die vor einem Jahr erschienene Arbeit von P u f f und K r a u s e (18) über röntgenkinematographische Untersuchungen am Kiefergelenk unter funktioneller Belastung zu erwähnen. Hier wird eine andere Methode zur graphischen Darstellung der Kondylenbewegung erläutert. Analysiert wurden folgende Bewegungen: Öffnen und Schließen bei leerem Mund, Kauen eines mit Röntgenkontrastmittel angereicherten Brötchens, Knacken einer Haselnuß, schnelles Sprechen und Singen.

Sowohl H i e l s c h e r als auch P u f f gelangen auf Grund ihrer Untersuchungen zu den gleichen Ergebnissen. Sie sagen, daß die Kondylenbahnen bei Öffnungs- und Schließbewegungen bogenförmig mit nach kaudal gerichteter Konvexität gestaltet sind, daß es beim Kauen keine knöcherne Gelenkführung gibt und daß kein Zusammenhang zwischen Bißart und der Kondylenbahn besteht.

2. Eigene Untersuchungen - Methodik und Durchführung

a. Feststellung der ursprünglichen Bißart mit Hilfe der Fernröntgenanalyse

Da sich die oben erwähnten röntgenologischen Untersuchungen bisher alle auf bezahnte Kiefer beziehen, zumindest auf eine Bezahnung, bei der seitliche Stützung gewährleistet ist, drängt sich die Frage auf: Wie verlaufen die Bewegungsbahnen der Kondylen bei geführten Unterkieferbewegungen zahnloser Patienten? Es soll insgesamt der Verlauf der Kondylenbahn in zweierlei Hinsicht analysiert werden:

a) bei unbeeinflusster Bewegung, d.h. bei Öffnungs- und Schließbewegungen und beim Kauen.

b) bei durch bestimmte Kauflächen beeinflußter Bewegung, indem minemale und extreme Seitwärtsverschiebungen durchgeführt werden.

Dabei sollen nicht nur Prothesenträger herangezogen werden, die früher nachweislich eine anatomisch korrekte Okklusion mit geringem Überbiß der Oberkieferfront hatten, sondern es sollen die drei von S t r a c k angegebenen Bißtypen beleuchtet werden, nämlich Deckbißtypen und Progeniker. Infolge des großen Patientenmaterials der Universitäts-Zahnklinik fiel es nicht schwer, klinische Fälle mit den beiden genannten Dysgnathien zu finden. Es genügt natürlich nicht, sich auf das Erinnerungsvermögen über die ursprüngliche Bißart des einzelnen Patienten zu verlassen.

H e i n z e (7) konnte feststellen, daß mit Hilfe des Fernröntgen-Seitenbildes bei unbezahntem oder nur gering bezahntem Kiefer mit einiger Sicherheit auf Grund von Meßwerten im Kiefer - Gesichtsbereich auf die ursprüngliche Bißart zu schließen ist. Diese Methodik wurde den Untersuchungen zugrunde gelegt.

Es werden nach dieser Methodik die Lagebeziehungen des Mittelgesichtes und des Gebißes ermittelt. Die kraniometrische und gnathometrische Auswertung der Fernröntgenseitenaufnahme erfolgt nach der Methode von A.M. S c h w a r z. Die von ihm benannte "Röntgenostatik" mit ihren einzelnen Bezugspunkten entspricht den Voraussetzungen zur kephalometrischen Erfaßung eines unbezahnten Kiefers.

Die wichtigsten Bezugspunkte, -linien, -ebenen und -winkel seien kurz aufgeführt:

N-Se : Nasion-Sella-Gerade als Orientierungsbasis. Verlauf: Vordere Sutura nasofrontalis -sella turcica.

SpP : Spinaebene als Oberkiefergrundebene. Verlauf: Spina nasalis anterior - Spina nasalis posterior. Spinaebene = Länge des Oberkieferkörpers; Verhältnis 7 : 10

NA : Stirnkieferlinie. Verlauf: Nasion - vordere apicale Oberkieferbasis.

H-Linie : Verlauf: Orbitarand senkrecht unter der Pupille - Tragion. Sie liegt parallel zur N-Se; steigt sie nach hinten, herrscht Gelenkhochstand vor, fällt sie nach hinten ab, besteht Gelenktiefstand (H-Winkel).

MT_1 : Länge des Unterkieferkörpers; Verhältnis 21 : 20 Verhältnis der OK- zur UK-Länge 2 : 3

MT_2 : Länge des aufsteigenden Astes.

$Go^{\sphericalangle}$: Gonionwinkel aus MT_1 und MT_2. Der Durchschnittswert beträgt $123^{\circ} \pm 10$.

$B^{\sphericalangle}$: Ok- und UK-Grundebene; Durchschnittswert $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$.

I ∢ : Inklinationswinkel; gebildet aus der Nasion-Senkrechten zur SpP; Durchschnittswert 85°.
Ist der Wert größer, besteht eine Gebißschwenkung nach vorne, ist er kleiner, nach hinten.

F ∢ : Facialwinkel aus NA und N-Se; Durchschnittswert 85°.
Ist der Winkel größer, besteht ein Vorbiß = Anteposition; ist der Winkel kleiner, besteht eine Retroposition.

Vorbereitung des Patienten:

Zur Darstellung des Weichteilprofils im Fernröntgenseitenbild wird ein Strich von Ca. 2 mm Dicke mit Bariumbrei auf dem Profilverlauf des Patienten gezogen. Zur Kennzeichnung der Augpunkte, die sich unterhalb der Bipupillarlinie auf dem Orbitarand befinden, wurden bei drei Patienten lt. H e i n z e Marken aus 0,5 mm starkem Messingblech verwendet, die bei gleichbleibender Breite von 2 mm einen kürzeren Schenkel von 8 mm und einen längeren von 6 mm darstellen. Beide Schenkel stehen rechtwinklig zueinander. Diese Marken werden an die zuvor durchgetasteten Augpunkte mit einem Heftpflaster derart angebracht, daß sie auf filmferne Punkte mit dem Scheitel des Winkels und dem kürzeren Schenkel nach oben, auf filmnahe mit dem Scheitel und kürzerem Schenkel nach unten zu liegen kommen. Bei einem Film-Focus-Abstand von 4 m erscheinen die einzelnen Schädelteile, die dem Film planparallel gelagert sind, auf dem Fernröntgenseitenbild in realer Größe.
Die Aufnahmen von den zu untersuchenden Patienten sind teils mit ihren eingegliederten Prothesen in Okklusion durchgeführt worden, teils ohne Prothesen in der Ruheschwebelage.

1. Patient: W.R., 60 Jahre alt.

Abb. 1

Abb. 2

Vermessung:

	Ist	Soll	Differenz
Inklination	89°	89°	ante 4°
Position	84°	85°	retro 1°
Gelenkstand	85°	90°	- 5°
Nasion-Sella-Gerade	73 mm	-	-
Länge des OK-Körpers	51,5 mm	51	-
Länge des UK-Körpers	80,5 mm	76,6	+ 4
$MT_1 : MT_2$	$\frac{80,5}{66,5}$	$\frac{7}{5}$	7 : 5,8
B ∢	30°	20° ± 5	+ 5°
Go ∢	129°	123° ± 10	-

Beurteilung:

Die Fernröntgenseitenaufnahme zeigt den Patienten mit eingeliederter Prothese.

Aus den Werten des Inklinations- und des Facialwinkels ergeben sich eine geringe Anteinklination von 4°. Der H-Winkel beträgt 85°, so daß ein Gelenkhochstand von 5° abzulesen ist. Die Kieferlängenmessungen zeigen einen um 4 mm zu langen Unterkieferkörper; bei etwas verlängertem vertikalen Unterkieferast, der durch den erwähnten Gelenkhochstand ausgeglichen wird, besteht ein Verhältnis vom horizontalen zum vertikalen Ast von 7 : 5,8 ein Wert also, der noch im Bereich der Norm liegt.

Der Grundebenenwinkel mit 30° liegt bei Ruheschwebelage außerhalb der Variationsbreite, der Gonionwinkel noch innerhalb der Grenze.

Die im Bereich der biometrischen Norm liegenden Meßwerte und das als unterstützende Merkmal dienende Profilbild geben darüber Auskunft, daß bei diesem Patienten ursprünglich keine Gebißfehlbildung vorgelegen hat und somit auf eine anatomisch korrekte Okklusion geschlossen werden muß.

2. Patient L.P., 73 Jahre alt.

Abb. 3

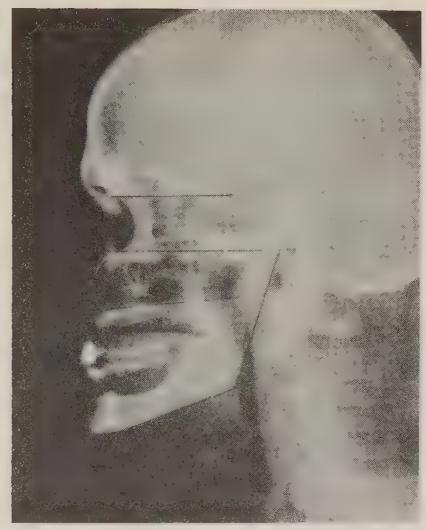


Abb. 4

Vermessung:

	Ist	Soll	Differenz
Inklination	85°	85°	-
Position	91°	85°	ante 6°
Gelenkstand	90°	90°	-
Nasion-Sella-Gerade	67,5 mm	-	-
Länge des OK-Körpers	50 mm	47,3	+ 2,7
Länge des UK-Körpers	72 mm	71	+ 1
$MT_1 : MT_2$	$\frac{72}{66}$	$\frac{7}{5}$	7 : 6,4
B ✕	13°	20° ± 5	- 2°
Go ✕	128°	123° ± 10	-

Beurteilung:

Bei normalem Inklinationswert herrscht in diesem Fall eine Anteposition von 6° vor, d.h. es besteht eine Verlagerung des OK in der sagittalen Ebene, jedoch keine Gebißschwenkung. Der H-Winkel entspricht dem Normalwert, während die Kieferlängen nur wenig von den aus dem N-Se-Abstand errechneten Sollängen abweichen.

Die Verlängerung des aufsteigenden Astes führt zu einem Tangentenverhältnis von 7 : 6,4.

Der Basiswinkel liegt unterhalb der Variationsbreite, während der Go-Winkel einen Durchschnittswert der biometrischen Norm aufweist. Der verminderte Grundebenenwinkel, das Tangentenverhältnis, die im Profil ausgeprägte Kieferwinkelgegend und die Supramentalfalte sowie das "Großnasenprofil" im Sinne von K o r k h a u s sprechen bei diesem Patienten für die Diagnose eines ursprünglichen Deckbißes.

3. Patient: K.F.; 62 Jahre alt.

Abb. 5

Abb. 6

Vermessung:

	Ist	Soll	Differenz
Inklination	84°	85°	retro 1°
Position	84,5°	85°	-
Gelenkstand	90°	90°	-
Nasion-Sella-Gerade	72 mm	-	-
Länge des OK-Körpers	51,5 mm	50,5	+ 1
Länge des UK-Körpers	78 mm	75,6	+ 2,4
$MT_1 : MT_2$	$\frac{78}{75}$	$\frac{7}{5}$	7 : 6,7
B ∢	18°	20° ± 5	-
Go ∢	120°	123° ± 10	-

Beurteilung:

Die kraniometrischen Winkelwerte ergeben keine Abweichung. Gnathometrisch fällt lediglich die beträchtliche Länge des aufsteigenden Astes und damit ein Tangentenverhältnis von 7 : 6,7 auf.

Gonion- und Grundebenenwinkel zeigen keine über die Variationsbreite der biometrischen Form hinausschwingende Werte. Da bei diesem Patienten nur das Tangentenverhältnis für eine ursprüngliche Dysgnathie spricht, jedoch im Profilverlauf das prominente Kinn, die ausgeprägte Supramentalfalte und Kieferwinkelgegend sowie die große Nase unverkennbar sind, liegt auch hier die Diagnose eines ursprünglichen Deckbißes vor.

4. Patient: L.W.; 66 Jahre alt.

Abb. 7

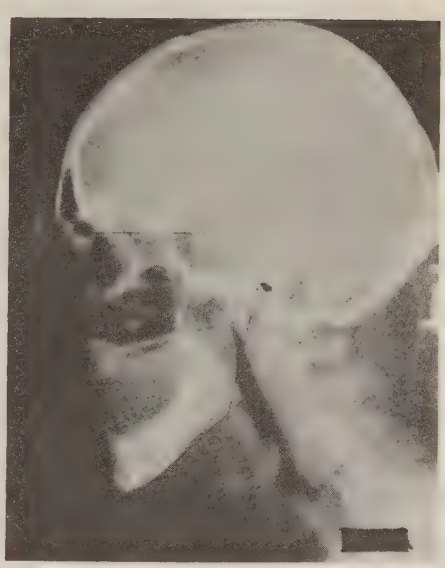


Abb. 8

Vermessung:

	Ist	Soll	Differenz
Inklination	78,5°	85°	retro 6,5°
Position	80,5°	85°	retro 4,5°
Gelenkstand	hoch	-	-
Nasion-Sella-Gerade	77 mm	-	-
Länge des OK-Körpers	50 mm	53,9	- 4
Länge des UK-Körpers	66,5 mm	80,8	- 14
$MT_1 : MT_2$	$\frac{66,5}{63}$	$\frac{7}{5}$	7 : 6,6
B ∡	29°	20° ± 5	+ 4°
Go ∡	144°	123° ± 10	+ 11°

Beurteilung:

Die Fernröntgenseitenaufnahme zeigt den Patienten ohne eingegliederte Prothesen.

Die Retroinklination von 6^{o} und Retroposition von 4^{o} bedeuten eine Verlagerung des OK in der Sagittalen mit einer Gebißschwenkung nach hinten.

Der Gelenkstand ist als hoch zu beurteilen.

Die Kieferlängenmessungen zeigen gegenüber den Sollwerten einen um 4 mm verkürzten OK- und einen um sogar 14 mm verkürzten UK-Körper. Das Verhältnis des horizontalen zum vertikalen Ast hat den beträchtlichen Wert von 7 : 6,6. Der in der Ruheschwebelage gemessene Grundebenenwinkel liegt mit 29^{o} außerhalb der Variationsbreite, der Go-Winkel überschreitet diese sogar erheblich.

Bei einer Unterentwicklung des gesamten Kieferbereiches tritt eine starke Verkürzung des Unterkieferkörpers hervor, während der aufsteigende Ast einen normalen Längswert mißt.

Gegen das typisch für den Deckbiß bestehende Tangentenverhältnis spricht der stark gestreckte Go-Winkel. Vom Profilbild aus gesehen läßt sich auf Grund der geschwungenen Nase, der ausgeprägten Supramentalfalte und des prominenten Kinnes die Diagnose eines ursprünglichen Deckbißes nur vermuten.

5. Patient: K.R.; 60 Jahre alt.

Abb. 9

Abb. 10

Vermessung:

	Ist	Soll	Differenz
Inklination	88°	85°	ante 3°
Position	86°	85°	ante 1°
Gelenkstand	hoch	-	-
Nasion-Sella-Gerade	63 mm	-	-
Länge des OK-Körpers	44 mm	44,1	-
Länge des UK-Körpers	76,5 mm	66,1	+ 10
$MT_1 : MT_2$	$\frac{76,5}{70}$	$\frac{7}{5}$	7 : 6,4
B ✶	31,5°	20° ±5	+ 6,5°
Go ✶	119,5°	123° ± 10	-

Beurteilung:

Auch hier zeigt die Fernröntgenseitenaufnahme den Patienten ohne eingegliederte Prothesen.

Der Inklinationswinkel weist eine geringe Anteinklination auf, d.h. also eine Gebißschwenkung nach vorn, während die Anteposition unbedeutend ist.

Bei deutlicher Abzeichnung des Gelenkköpfchens läßt sich ein Gelenkhochstand feststellen.

Die Länge des OK-Körpers entspricht genau der Sollänge. Auffallend jedoch bleibt der um 10 mm vom Sollwert abweichende Wert des Unterkieferkörpers, ohne daß ein übermäßig entwickeltes knöchernes Kinn vorliegt; auch der aufsteigende Ast ist verlängert, woraus das Tangentenverhältnis von 7 : 6,4 resultiert.

Der Basiswinkel hat die Variationsbreite überschritten, der Go-Winkel liegt innerhalb der Norm.

Das Tangentenverhältnis würde auf einen Deckbiß hinweisen. Es fehlen jedoch andere Merkmale. Die Überentwicklung des UK deutet auf eine ursprünglich progene Tendenz des Gebißes hin. Auch hierzu fehlen unterstützende Merkmale, so daß in diesem Fall keine Aussage gemacht werden kann.

Nach Aussagen des Patienten hatte er ursprünglich einen Kopfbiß.

6. Patient: G.F.; 59 Jahre alt

Abb. 11

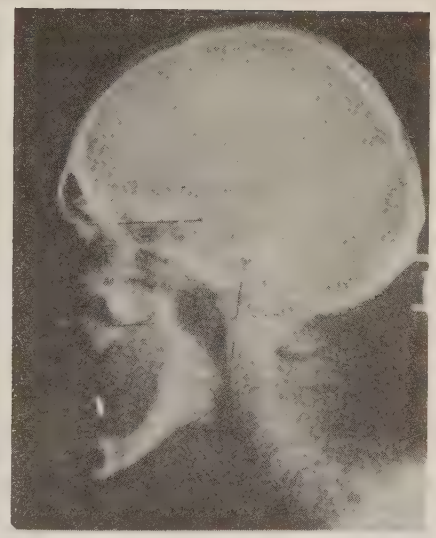


Abb. 12

Vermessung:

	Ist	Soll	Differenz
Inklination	89°	85°	ante 4°
Position	88°	85°	ante 3°
Gelenkstand	hoch	-	-
Nasion-Sella-Gerade	65 mm	-	-
Länge des OK-Körpers	43,5 mm	45,5	-2
Länge des UK-Körpers	81,5 mm	68,5	+13
$MT_1 : MT_2$	$\frac{81,5}{69}$	$\frac{7}{5}$	7 : 5,9
B ∢	31°	20° ± 5	+ 6°
Go ∢	131°	123° ± 10	-

Beurteilung:

Die kraniometrischen Winkelwerte zeigen jeweils eine mäßige Anteinklination und Anteposition.

Nach der Abzeichnung des Gelenkköpfchens besteht ein Gelenkhochstand.

Die Oberkieferlänge ist gegenüber dem Sollwert um 2 mm zu kurz; der Unterkiefer ist um 13 mm zu lang; ebenso ist der aufsteigende Ast etwas verlängert, was sich im Tangentenverhältnis von 7 : 5,9 ausdrückt.

Der B-Winkel ist gestreckt,während sich der Wert des Go-Winkels noch innerhalb der Variationsbreite bewegt.

Eine ursprüngliche Progenie läßt sich auf Grund des überentwickelten Unterkiefers und am Profilverlauf diagnostizieren.

b. Führung der Unterkieferbewegung durch verschieden geformte Oberflächen von Wällen unter Berücksichtigung der individuellen Kalottenartikulation.

Nachdem die ursprüngliche Bißart der zahnlosen Patienten mit Hilfe der Fernröntgenanalyse ermittelt war, muß nun auf die Methodik der geführten Unterkieferbewegungen näher eingegangen werden.
Die Führung des Unterkiefers bzw. die Bewegung im Kiefergelenk werden u.a. durch die Zahnreihen und deren Artikulationsflächen gewährleistet (B a l t e s, H i l t e b r a n d t, S t r a c k).
Wenn ein Teil des Kauapparates - das natürliche Gebiß - in Form einer totalen Prothese zu ersetzen ist, liegt es nahe, die ursprünglichen, von der Natur geschaffenen Verhältnisse nachzuahmen. Hierzu erscheint bei den vielen Möglichkeiten der Herstellung eines vollständigen Zahnersatzes die Methode der individuellen Kalottenartikulation den ursprünglichen Gegebenheiten am geeignetsten. Sie kann allerdings nicht exakt dem natürlichen Okklusionsbild entsprechen, da die Artikulationsfläche durch die Abrasion der Kauflächen während der Gebrauchsperiode eine langsame aber ständig fortschreitende Änderung erfährt.
F e h r (5) als Autor der individuellen Kalottenartikulation sieht dann eine ideale Artikulationsfläche gegeben, wenn das Gelenk zuläßt, daß beim Aneinandergleiten der Kiefer alle Zähne gleichzeitig Berührung haben. Dieser ständige Kontakt wird bei der Relationsbestimmung durch

die Kalottenform der Wachswälle, im Zahnersatz durch die entsprechende Aufstellung flachhöckeriger Zähne erzielt. Damit wird das Christensen'sche Phänomen - das Klaffen der Zahnreihen bei Vorschub des Unterkiefers - ausgeschaltet.

Die Untersuchungsergebnisse von F e h r (6) in seiner Dissertation brachten die Erkenntnis, daß die Bewegungen des Unterkiefers von der Neigung und Form der Zähne, auch der künstlichen, und von der Neigung und Form der Gelenkbahn in sagittaler und transversaler Richtung bestimmt werden. Die Richtigkeit seiner Gedankengänge zur Statik einer Prothese wurde von späteren Autoren bestätigt.
E i c h n e r (3) sieht in der individuellen Kalottenartikulation eine Weiterentwicklung der sphärischen Theorie und der funktionellen Lagebestimmung vom Unterkiefer zum Oberkiefer. M a y e r (Leipzig) (16) konnte in seiner Dissertation die F e h r'schen Gedanken geometrisch untermauern. Klinische Erfahrungen und Beobachtungen von R a r i s c h (19) ergaben hinsichtlich der Kalottenartikulation nach den drei Bißtypen von S t r a c k, daß gerade bei Progeniefällen die Anwendung dieser Methode besonders indiziert ist. M a y e r greift insbesondere bei schwierigen Fällen auf diese Arbeitsweise zurück, während Frau H e r m a n n (Halle) (8) in ihrer Dissertation mit 80 %iger Sicherheit unter Zuhilfenahme der individuellen Kalottenartikulation die prothetisch zu versorgenden Patienten zufrieden stellen konnte.

Um bei den späteren Beobachtungen der Kiefergelenksbewegungen gute Vergleichsmöglichkeiten zwischen der normalen Kalottenartikulation zu anderen Artikulationsflächen zu gewinnen, wurden folgende vier verschieden geformte Wälle bei jedem der sechs Patienten angewendet:

1. Wälle, die mit einer Mittelwertkalotte mit einem Radius von ca. 11 cm vorgeformt waren
2. Wälle, die mit einer übersteigerten Kalotte mit einem Radius von ca. 12,5 cm geformt waren
3. Plane Wälle
4. Wälle, bei denen die Mittelwertkalotte umgekehrt benutzt worden war.

Als Vorbereitung werden zunächst diese Wälle, nachdem vom Patienten ein Funktionsabdruck durchgeführt wurde, in Wachs nach der üblichen Art hergestellt. Die Führung der Kiefergelenke bei Unterkieferverschiebungen soll von diesen, später aus Kunststoff hergestellten Wällen übernommen werden. Es werden keine künstlichen Zähne aufgestellt, da die bestimmten Führungsflächen der Schablonen bereits die Voraussetzungen erfüllen.

Am Patienten wird dann die zentrale Okklusion mit Hilfe der funktionellen Relationsbestimmung je Schablonenpaar ermittelt. Beim Einsetzen der Wachswälle ist darauf zu achten, daß eine Parallelität des frontalen Bißwalles zur Bipupillarlinie gewährleistet ist. Dieses geschieht durch Zwischenklemmen eines Holzspatels. Mittels einer Spatel-

probe wird der gute, flächige Kontakt der Wälle zueinander kontrolliert. Es ist fernerhin darauf zu achten, daß man die Wälle in der Neigung der Interalveolarlinie legt.

Finden diese Maßnahmen ihre Bestätigung, werden die Schablonen mittels einer vorgewärmten, entsprechend gekrümmten Blechkalotte bzw. einer Glasplatte für die planen Wälle verformt. Der Patient wird dann aufgefordert, unter ständigem Kontakt der Wälle Vor- und Seitbißbewegungen durchzuführen. Klaffen die Schablonen im Bereich der Molaren, sind die Wälle im Frontzahnbereich zu hoch, oder aber es muß im Molarenbereich noch Wachs aufgetragen werden. Die Einstellung der Kalotten ist beendet, wenn bei allen Bewegungen des Unterkiefers die Wälle im flächigen Kontakt bleiben.

Erwähnenswert sind hierzu die Untersuchungsergebnisse von S t ö b e (20), der in seiner Dissertation feststellte, daß bei Patienten, die längere Zeit ohne prothetische Versorgung blieben, während der Relationsbestimmung die Verwendung aller Kalottenradien möglich ist. Nur bei der Kalotte mit negativer Krümmung zeigte sich ein meist nur bedingter Untersuchungserfolg. Auf das Kiefergelenk bezogen bedeuten seine Beobachtungen, daß die Erweiterung der Gelenkkapsel um so größer wird, je länger dieser Zustand der Zahnlosigkeit andauert.

Die fertigen Schablonen werden schließlich in Kunststoff ausgearbeitet, um dann nochmals am Patienten auf Saugfähig-

keit, flächenhaften Kontakt und richtige Bißhöhe überprüft zu werden. Zur Kontrolle der Bißhöhe bzw. der vertikalen Relation (R a r i s c h) (19) sind außerdem bei allen sechs Patienten von jedem eingesetzten Schablonenpaar sowie von der eigenen Prothese eine Röntgenschichtaufnahme angefertigt worden. Der Vergleich der Röntgenbilder zeigt, daß die Kondylen des Kiefergelenkes bei Einnahme der Zentralokklusion ihre Lage in der Fossa articularis nicht ändern.

Als Beispiel sei hier der Fall Li. angeführt.

Abb. 13

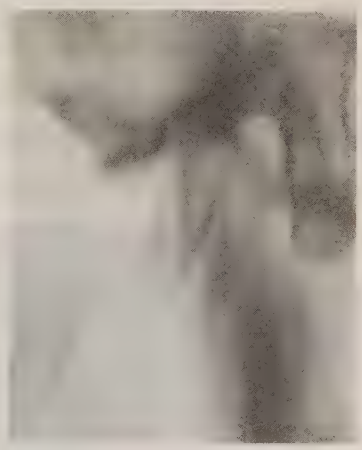


Abb. 14

Abb. 13 und Abb. 14 zeigen das rechte und linke Gelenk bei eingegliedertem Oberkiefer- und Unterkieferzahnersatz.

Abb. 15

Abb. 16

Abb. 15 zeigt das linke Gelenk bei eingesetzten Wällen mit der Mittelwertkalotte.

Abb. 16 zeigt das linke Gelenk bei übersteigerter Kalotte.

Abb. 17

Abb. 18

Abb. 17 zeigt das linke Gelenk bei planen Wällen.

Abb. 18 zeigt das linke Gelenk bei umgekehrter Mittelwertkalotte.

c. Röntgenkinematographische Darstellung der Kiefergelenkbahnen und die Einzelbildauswertung

Wie bereits erwähnt, ist heute die Röntgenkinematographie zur Beurteilung von kondylären Bewegungsbahnen des Kiefergelenkes die Methode der Wahl. Der Ablauf der Bewegungen im Gelenk wird durch ein Kombinationsverfahren, bei dem das Röntgengerät mit einer Filmkamera gekoppelt ist, auf Filmstreifen festgehalten. Die Aufnahmefrequenz von 16 Bildern pro Sekunde gibt den Vorgang der Kiefergelenkbewegung in einer Ebene wieder. Sie gestatten einen Einblick in die Lagebeziehung des Kondylus zu den Konturen der Fossa articularis während der Zentralokklusion einerseits und zu den tuberkulären Dorsalflächen und dem Tuberkulum articulare während der Bewegungsphase andererseits. Mit Hilfe der Röntgenkinematographie ist die Darstellung der realen Verhältnisse im Bewegungsablauf des Kiefergelenkes möglich. Der Versuch, die kondyläre Bewegungsbahn abschnittsweise durch verschiedene Positionen auf den seitlichen Übersichtsbildern festhalten zu wollen, würde nur einzelne Situationen wiedergeben. Gegebenenfalls sind gewisse Zwangslagen dargestellt, die außerhalb der physiologischen Bahn liegen können.
Es muß an dieser Stelle erwähnt werden, daß die röntgenkinematographischen Bewegungsstudien keinen Aufschluß über das Ineinandergreifen der für die Gelenkbewegungen maßgebenden Faktoren vermitteln, da es sich auch hier nur um

gewöhnliche Seitenbilder handelt. Sie vermitteln uns identische Bilder in der Reihenfolge eines Bewegungsablaufes und geben uns die Möglichkeit, phasenweise ungestörte und gestörte Kondylenbewegungen anhand der Einzelbildauswertung in beliebiger Anzahl zu verfolgen, sie sind jedoch ebenso mit den, wenn auch nicht so zahlreichen Unsicherheitsfaktoren aller anderen Registriermethoden behaftet (H i e l s c h e r) (12).

Als mühevoll ist während der Röntgen - Filmaufnahmen immer wieder die deutliche Einstellung der gewünschten Gelenksbezirke beim seitlichen Strahlengang hervorzuheben. Ist die Lage des Kondylus bei geöffnetem Mund gut zu erkennen, so gehen die kranialen Bezirke bei geschlossenem Mund oft verloren. Nicht immer ist die störende Überlagerung des lateralen knöchernen Anteils der Fossa articularis auszuschalten (geschlossene Kiefergelenke nach P a r m a). Die überlagerungsfreie Darstellung beider Kiefergelenke gelingt am besten, wenn beim Patienten der Schädel in leichter Dorsalflexion nach der Seite gedreht wird. Wegen des großen Fokus - Objektabstandes werden beide Seiten annährend in gleicher Größe abgebildet, die Konturen der Walzen sind auf beiden Seiten gut beurteilbar. Die Details der Fossa articularis sind schwerer einzuordnen. Hierbei sind wie bei der Gelenkaufnahme nach P a r m a diagnostische Ungenauigkeiten insofern gegeben, als die Konturen des Tuberculum articulare und der Fossa articularis sowie die des Capitulum mandibulae nicht anatomisch korrespondierenden

Wandabschnitten entsprechen.
Da es vor allem auf die deutliche Abzeichnung des Processus articularis mit der knöchernen Umgebung ankam, mußte in manchen Filmszenen durch die schräge Strahlungsführung eine nur schemenhafte Abzeichnung des Processus muscularis hingenommen werden. Leider war es nicht möglich, nach gefundener Bildeinstellung die Lage des Kopfes durch eine Vorrichtung zu fixieren. Der Patient wurde veranlaßt, den Kopf stillzuhalten, was durch Festhalten des Schädels mit der Hand unterstützt wurde. Begreiflicherweise kam es deshalb öfter zu Beginn einer Szene auch zu einer neuen Einstellung des Kiefergelenkes.
Bei dem Aufnahmegerät, das die Siemens-Reiniger-Werke in Erlangen vor kurzer Zeit entwickelt und freundlicherweise zur Verfügung gestellt haben, handelt es sich um ein PANTOSKOP 2-Gerät mit der Bildverstärker-Fernseheinheit SIRECON DUPLEX 25/15. Der Bildverstärker ist zusammen mit einer Röntgen-Kinokamera ARRIFLEX (36 mm) an das Zielgerät EXPLORATOR P gekoppelt und gestattet Filmaufnahmen mit elektronenoptischer Wahl einer Großfeld-Fernsehdurchleuchtung oder einer vergrößerten Ausschnitts-Fernsehdurchleuchtung, die über einen fahrbaren Monitor zu beobachten sind. Ein einfahrbarer Rasterantrieb im Zielgerät gewährleistet beste Rasterverwischungen bei allen Aufnahmezeiten. Durch intermittierende Strahlenerzeugung werden die Strahlenbelastungen des Patienten niedrig gehalten sowie die

Bewegungsunschärfen im Bild verringert.
Nach dem Entwickeln und Kopieren der Filme erfolgt die Einzelbildauswertung mit Hilfe eines ZEISS-IKON Schmalfilmauswertgerätes, das vom Institut für den wissenschaftlichen Film, Göttingen, freundlicherweise bereitgestellt wurde.
Um nun den Bewegungsablauf des Kiefergelenkes im Film aufzeichnen zu können, fangen zwei in einem bestimmten Winkel zueinander aufgestellte Spiegel den Lichtstrahl des Projektors ab und werfen das Bild auf die Tischplatte bzw. auf das Papier. Es werden dann die Umrisse der Fovea articularis mit dem Tuberculum articulare und dem Meatus acusticus als Orientierungspunkt nachgezeichnet sowie eine Schablone des abgebildeten Unterkieferastes mit dem Processus articularis und muscularis aus festem Papier angefertigt. Mit dieser Schablone wird die Ausgangslage der Kondylen in jeder Filmszene fixiert und, während man von Bild zu Bild schaltet, jede wesentlich erscheinende Positionsänderung des Gelenkköpfchens zur Gelenkgrube in der entsprechenden Bewegungsphase eingezeichnet. Ein im Projektor eingebautes Zählwerk ermittelt die für einen Bewegungsablauf notwendige Anzahl der Bilder.
Den einzelnen Filmszenen bei jedem Patienten liegt folgendes Schema zugrunde:

1. Szene: Zunächst werden die Gelenke während zweier unbeeinflußter Öffnungs- und Schließbewegungen gefilmt.

2. Szene: Darauf werden die mit der Mittelwertkalotte geformten Wälle in den Mund eingesetzt. Der Patient wird aufgefordert, kleine Seitwärtsbewegungen durchzuführen, wobei darauf geachtet werden muß, daß alle Bewegungen immer unter Kontakt der Wälle erfolgen.
3. Szene: Bei denselben Wällen werden dann extreme Seitwärtsbewegungen des Unterkiefers dargestellt.
4. Szene: Nun werden die Wälle mit übersteigerter Kalottengestaltung zur Anwendung gebracht. Es sollen zunächst kleine Bewegungen ausgeführt werden, denen sich in der
5. Szene: extreme Verschiebungen zur Seite anschließen.
6. Szene: Jetzt sind die planen Wälle mit geringen Lageveränderungen zur Seite anzuwenden, denen in der
7. Szene: große Abweichungen aus der Zentralokklusion folgen.
8. Szene: Es sollen die Exkursion eines Kiefergelenkköpfchens bei Wällen mit umgekehrter Kalottenform untersucht werden, indem zuerst wiederum geringe Bewegungen und in der
9. Szene: große seitliche Verschiebungen während der geführten Unterkieferbewegung demonstriert werden.
10. Szene: Hier sollen die Gelenke beobachtet werden, wenn der Patient mit den eigenen Prothesen Zwieback zu sich nimmt.
11. Szene: Es folt das Zerkleinern von Vollkornbrot. In der
12. Szene: wird eine Haselnuß zerkaut.

3. Ergebnisse in klinischer und röntgenologischer Hinsicht

Es sollen nun die Untersuchungsergebnisse, die durch die Einzelbildauswertung anhand der Aufzeichnungen und den entsprechenden Randbemerkungen über auffällige Veränderungen während der Bewegungsabläufe gewonnen wurden, dargestellt werden. Dabei erfolgt die Beschreibung aller aufgenommenen Filmszenen bei dem Patienten Li. Bei den übrigen Patienten werden nur wesentliche Szenen erläutert.

(I) Herr Li. - der früher einen Deckbiß hatte - ist seit 28 Jahren Prothesenträger. Klinisch auffallend bei der Anprobe der fertiggestellten Kunststoffwälle ist, daß der Patient nach der Aufforderung, extreme Seitwärts- und Vorschubbewegungen durchzuführen, diese mühelos in erstaunlichem Maße vollbringt.

Zu Abb. 19 (a)

Öffnungs- und Schließbewegung

Röntgenologisch: Von der Ausgangsposition in der Zentralokklusion bis zur ventralen Endposition bei maximaler Öffnung beschreibt der Kondylus innerhalb von zehn Einzelbildern einen bogenförmigen Verlauf, wobei die Konvexität der Bahn nach kaudal weist. Der Kondylus

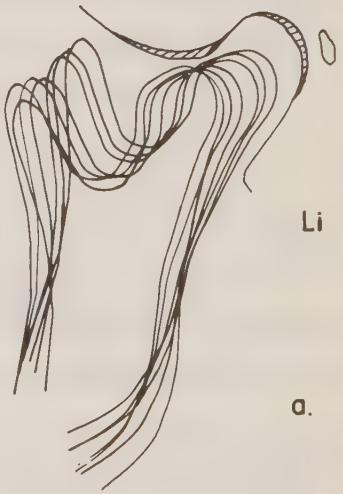


Abb. 19 (a)

schwingt dabei kreisförmig um das Tuberculum articulare herum. Nach kurzer Verweildauer erfolgt die Schließbewegung in analoger Form und Dauer zur Öffnungsbewegung. Im 29. Bild ist die Ausgangsposition wieder erreicht. Diesen extrem weiten Weg des Kondylus ist bei keiner anderen Unterkieferbewegung mehr zu beobachten, auch nicht beim Kauen. Nicht uninteressant erscheint nebenbei der geradlinige Verlauf des Proceccus muscularis.

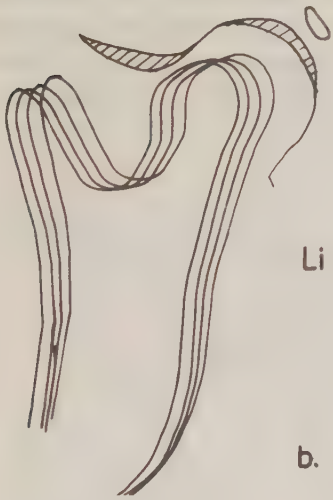


Abb. 20 (b)

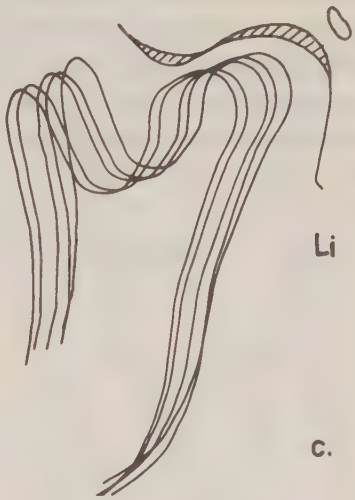


Abb. 21 (c)

Zu Abb. 20 (b)
Mittelwertkalotte - kleine Bewegungen:
Klinisch: Bei Bewegungen geringen Ausmaßes, die etwa dem Okklusionsfeld entsprechen, bleibt der Kontakt bei beiden Kunststoffwällen ständig erhalten.
Röntgenologisch: Innerhalb kurzer Zeitabstände finden in der Gelenkgrube gleichförmige Kondylbewegungen geringer Ausdehnung statt.

Zu Abb. 21 (c)
Mittelwertkalotte - extreme Bewegungen:
Klinisch: Bei großen Seitwärtsbewegungen bleiben die Wälle in gutem Kontakt und liegen völlig ruhig.
Röntgenologisch: Der abgebildete Kondylus wandert gleichmäßig vom Ausgangspunkt innerhalb von 8 Bildern auf die Höhe des Tuberculum articulare und beschreibt eine bogenförmige Bahn entsprechend der Krümmung der Kunststoffwälle. Nach kurzer Verweildauer in der ventralen Endposition erfolgt der Rückweg in gleicher Weise, wobei nach sechs Filmbildern bereits wieder die Ausgangslage erreicht ist. Bemerkenswert dürfte auch hier die fast geradlinige Bewegung des Proceccus muscularis ähnlich der Öffnungs- und Schließbewegungen sein.

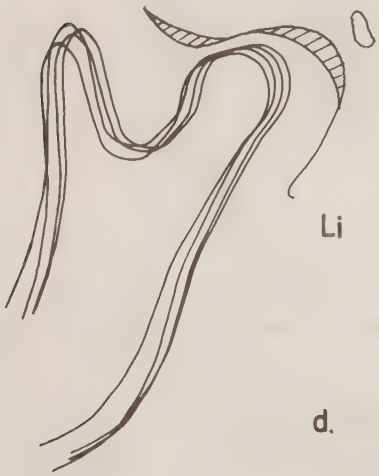


Abb. 22 (d)

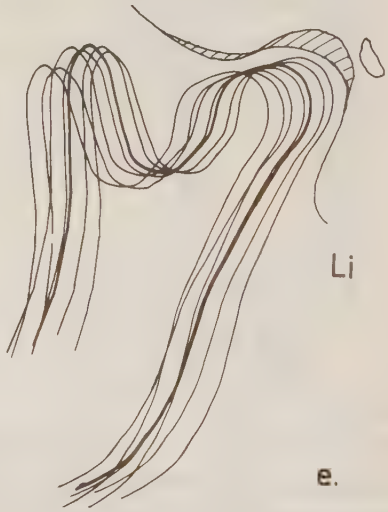


Abb. 23 (e)

Zu Abb. 22 (d)
Übersteigerte Kalotte - kleine Bewegungen:
Klinisch: Die Wälle bleiben während der Verschiebungsbewegungen unter Kontakt.
Röntgenologisch: Die Bewegung des Kondylus ist bei dieser Artikulationsfläche nicht von der der Mittelwertkalotte im vorher beschriebenen Bild c zu unterscheiden.

Zu Abb. 23 (e)
Übersteigerte Kalotte - extreme Bewegungen:
Klinisch: Die klinische Beobachtung zeigt guten, flächigen Kontakt bei allen Verschiebungen des Unterkiefers und ruhige Lage beider Schablonen.
Röntgenologisch: Von der Ausgangsposition bewegt sich der Kondylus im Ablauf von neun Bildern nur leicht bogenförmig in die höchste Lage nahe dem Tuberculum articulare. Von dort schwenkt der Unterkieferkörper etwas nach distal, und der Rückweg wird ruckartig innerhalb von drei Bilder zurückgelegt. Interessanterweise verbleibt nun der Kondylus nicht in der Zentralokklusionslage, sondern nähert sich der distalen und kranialen Wandkonturlinie der Fovea articularis. Das Gelenkköpfchen scheint in den hinteren Teil der Gelenkgrube gedrückt zu werden; ein Vorgang, der als Retropulsion (F e h r; G y s i) bezeichnet wird.

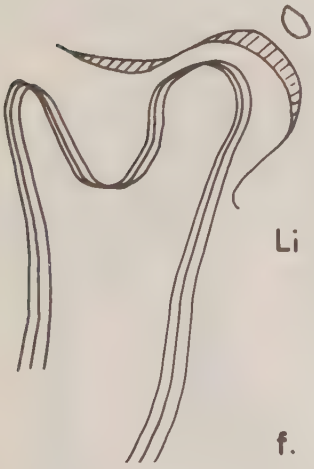


Abb. 24 (f)

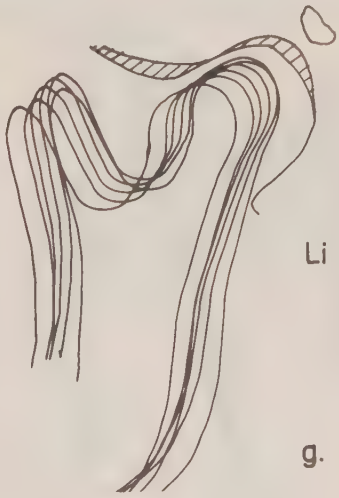


Abb. 25 (g)

Zu Abb. 24 (f)
Plane Wälle - kleine Bewegungen:
Klinisch: Minimale Verschiebungen des Unterkiefers unter

Kontakt der Wälle sind ohne weiteres durchführbar.
Röntgenologisch: Die Bewegungsfreiheit im Zentrum der Fossa articularis scheint eingeengt zu sein. Es ist lediglich ein Ausweichen des Kondylus nach distal zu verzeichnen.

Zu Abb. 25 (g)
Plane Wälle - extreme Bewegungen:
Klinisch: Man merkt, daß der Patient Schwierigkeiten hat, die verlangten Seitwärtsbewegungen unter Kontakt auszuführen. Es gelingt ihm zwar, die Kunststoffwälle noch unter Kontakt zu halten, jedoch werden sie stark bewegt.
Röntgenologisch: Nach einer normalen Vorwärts-Abwärtsbewegung des Kondylus folgt ein ruckartiger Rückweg zur ursprünglichen Lage. Das Bewegungsfeld ist eingeengt, die Bewegungen scheinen gehemmt zu werden. Die Geradlinigkeit der Gelenkbahn fällt im Bild g auf.

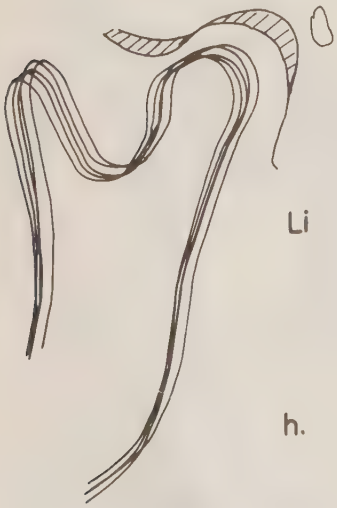


Abb. 26 (h)

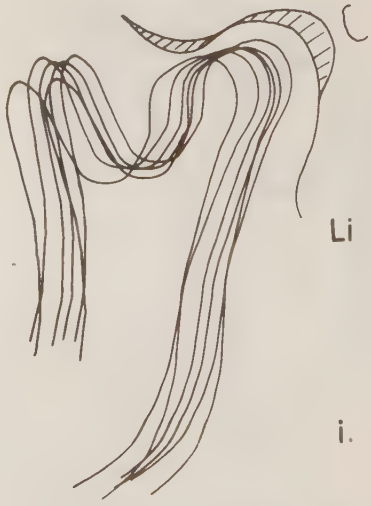


Abb. 27 (i)

Zu Abb. 26 (h)
Umgekehrte Kalotte - kleine Bewegungen:
Klinisch: Dem Patienten scheinen diese Artikulationsflächen sehr unbequem zu sein, besonders bei Bewegungen unter Kontakt der Wälle.
Röntgenologisch: Der Kondylus bewegt sich in sehr kurzen Abständen nur geringfügig.

Zu Abb. 27 (i)
Umgekehrte Kalotte - extreme Bewegungen.
Klinisch: Sobald der Patient versucht, den Unterkiefer nach der Seite zu verschieben, geht die flächige Berührung der Schablonen verloren, das Christensen'sche Phänomen wird ausgelöst. Die obere Platte scheint bei jeder Bewegung mitgerissen zu werden, löst sich auch öfter von der Schleimhaut und wird abgehebelt.
Röntgenologisch: Holprige Bewegungen und ungleichförmige Gelenkbahnen deuten auf die unsichere und unbequeme Führung des Unterkiefers hin.

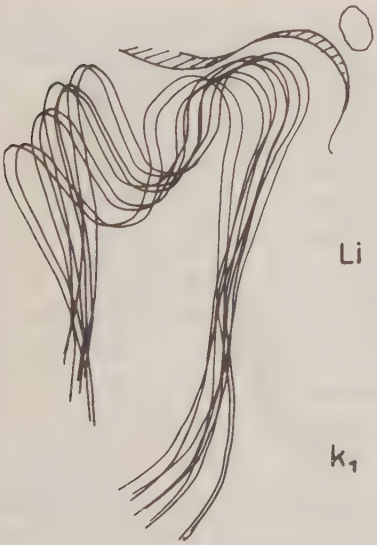


Abb. 28 (k_1)

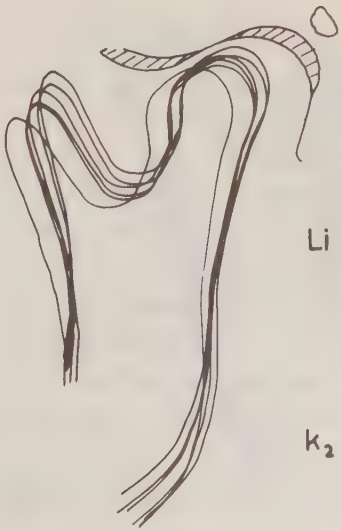


Abb. 29 (k_2)

Abb. 30 (l_1)

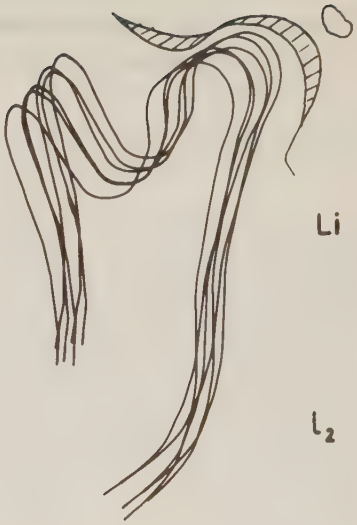


Abb. 31 (l_2)

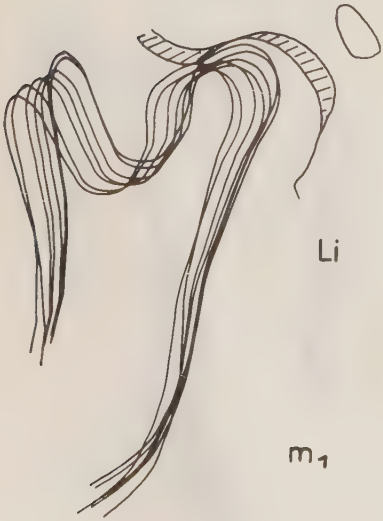


Abb. 32 (m_1)

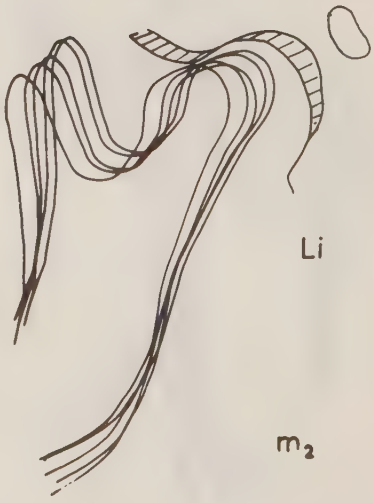


Abb. 33 (m_2)

Zu den Abbildungen 28/29 (k_1/k_2)
Patient kaut mit totalem Zahnersatz für Ober- und Unterkiefer, hergestellt unter Verwendung einer Mittelwertkalotte, Zwieback.
Es sollen die Artikulationsbewegungen beim Kauen beobachtet werden. Zuerst sieht man die Öffnungsbewegung, der sich einige Orientierungsbewegungen anschließen, bei denen sich der Patient den Bissen zwischen den künstlichen Zahnreihen seiner Prothese zurechtlegt. Dann folgen insgesamt 18 Hackbewegungen bis zum Schluckakt. Das Bild k_1 zeigt den Kondylus distal in der Ruheschwebelage, ventral bei der weitesten Mundöffnung. Die Kaubewegungen spielen sich innerhalb dieser beiden Extremstellungen in abnehmendem Maße ab. Das Bild k_2 zeigt in der Folge die achte Kaubewegung. Es lassen sich Vergleiche zu den mit der Konvexität nach kaudal gerichteten, bogenförmigen Gelenkbahnen der Öffnungs- und Schließbewegungen (Bild a) ziehen. Die Kondylenbewegung scheint nur etwas näher an der Fossa articularis zu verlaufen.

Zu den Abbildungen 30/31 (l_1/l_2)
Patient kaut Vollkornbrot.
Auch hier sind im Bild l_1 Ausgangsstellung und weiteste Mundöffnung eingezeichnet. Beide Positionen werden während des Kauens nicht mehr erreicht. Deutlich wird die anfängliche Kraftanwendung durch den ungleichförmigen, ruckartigen Bewegungsablauf bemerkbar, wobei der Kondylus tiefer in die Gelenkgrube gedrückt wird. Der hackförmige Bewegungsablauf, nur von einigen im kleinen Rahmen des Bewegungsfeldes verlaufenden Orientierungsbewegungen unterbrochen, wird mit zunehmender Zerkleinerung der Nahrung schneller, während die Bewegungsamplituden immer kleiner werden.
Das Bild l_2 zeigt die achte von insgesamt 24 Kaubewegungen.

Zu den Abbildungen 32/33 (m_1/m_2)
Patient kaut eine Haselnuß mit seinen totalen Prothesen. Das Bild m_1 macht die erste Aufspaltung der Nuß nach der Mundöffnung anschaulich. Der Kondylus wird an das Tuberculum articulare gedrückt und springt dann innerhalb von zwei Einzelbildern nahe der Fossa articulare verlaufend in die weiteste Rücklage. Dieser Art "Schmetterbewegung" schließen sich in 230 Bildern 25 schnelle, ruckartige Hackbewegungen an, die mit dem Fortschreiten der Nahrungszerkleinerung an Größe abnehmen. Die Distanz des Kondylus zur Fossa articularis sowie die Form der Gelenkbahn entsprechen in der Schlußphase der Kaubewegungen der Zeichnung von der Öffnungs- und Schließbewegung.

(II) Herr K. ist seit zwei Jahren Träger einer totalen Prothese. Der Patient ist im Vergleich zu dem ausführlich beschriebenen Herrn Li. nicht in der Lage, jene extreme Seitwärtsbewegungen des Unterkiefers mit den eingesetzten Kunststoffwällen unter Kontakt durchzuführen.

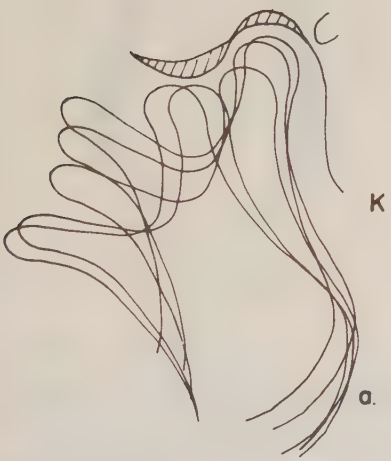


Abb. 34 (a)

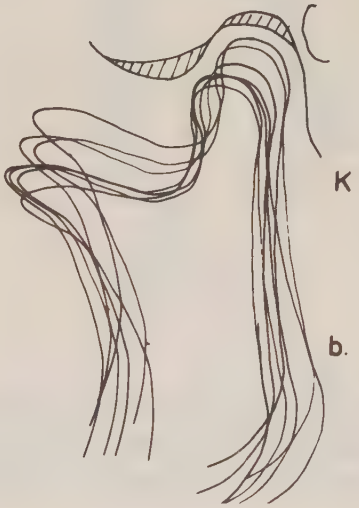


Abb. 35 (b)

Zu Abb. 34 (a)
Nach 36 Bildern ist die Öffnungs- und Schließbewegung abgeschlossen. Wie im Fall des Herrn Li. zeichnet sich die Gelenkbahn bogenförmig ab, während der Processus muscularis auf einer nur leicht gekrümmten Bahn verläuft.

Zu Abb. 35 (b)
Sowohl klinisch als auch röntgenologisch lassen sich bei extremen Bewegungen mit der Mittelwertkalotte gleichförmige, zügig ablaufende Gelenkbahnen verfolgen, die etwa der Krümmung der Wälle entsprechen.

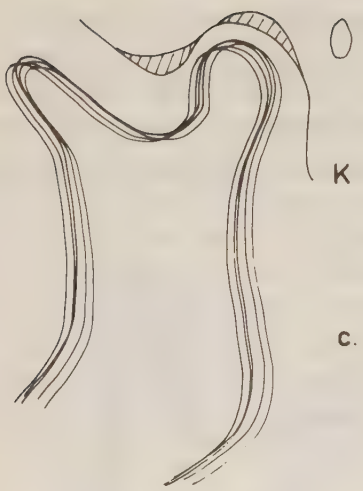


Abb. 36 (c)

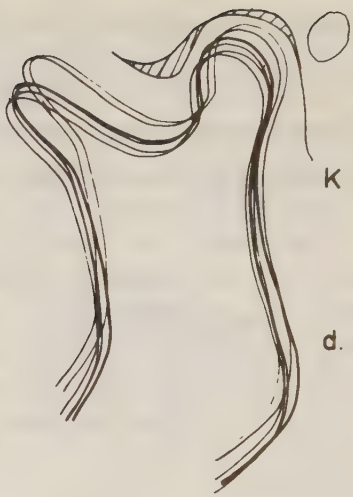


Abb. 37 (d)

Zu Abb. 36 (c)
Betrachtet man das "Knirschen" nach Einsetzen der übersteigerten Kalotte, so spielt sich die Kondylenrotation innerhalb der Grenzen eines sehr kleinen Okklusionsfeldes ab.

Zu Abb. 37 (d)
Werden die Vorgänge bei möglichst großen Seitbewegungen untersucht, ist zu bemerken, daß es dem Patienten schwerfällt, den Unterkiefer extrem in beide Richtungen zu verschieben. Die röntgenologische Auswertung ergibt eine Einengung der Expansionsmöglichkeit des Kondylus. Dieser senkt sich unbedeutend und fast geradlinig, nimmt rasch wieder die Ausgangsposition ein, wandert dann nach distal und verweilt einige Zeit in der weitesten Rücklage, um sich erneut auf den beschriebenen Weg zu begeben. Die Lage der Zentralokklusion wird beim Rückweg weit überschritten, so daß eine Retropulsion vorherrscht.

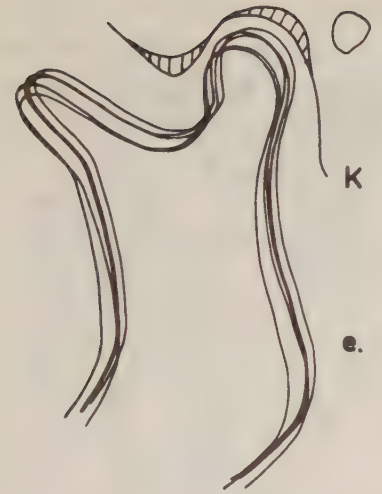


Abb. 38 (e)

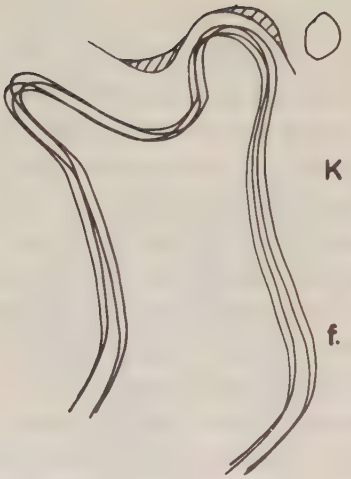


Abb. 39 (f)

Zu Abb. 38 (e)
Bei Betrachtung der Bewegungen mit planen Wällen, läßt sich bei den minimalen Verschiebungen das Ausweichen des Kondylus nach distal feststellen, wie es auch bei Fall Li. beschrieben ist.

Zu Abb. 39 (f)
Es gelingt den Patienten nicht, mit diesen Schablonen unter Wahrung des Kontaktes größere Seitenverschiebungen auszuüben. Die graphische Darstellung ergänzt die klinische Beobachtung durch die Einschränkung des Kondylenbewegungsfeldes. Das Gelenkköpfchen pendelt ungleichmäßig um die Zentralokklusionsstellung.

Zu Abb. 40 (g)
Wendet man sich schließlich der umgekehrten Kalotte zu, so tritt klinisch bei der Durchführung extremer Bewegungen ein seitliches Klaffen zwischen den Wällen auf; die obere Platte verliert ihre Saugfähigkeit, sie löst sich von der Unterlage ab. Diese Beobachtung kommt auch in den einzelnen Bildern des Röntgenfilmes durch ruckartige Bewegungen des Kondylus einerseits und durch ungleichförmige Gelenkbahnen andererseits zum Ausdruck.

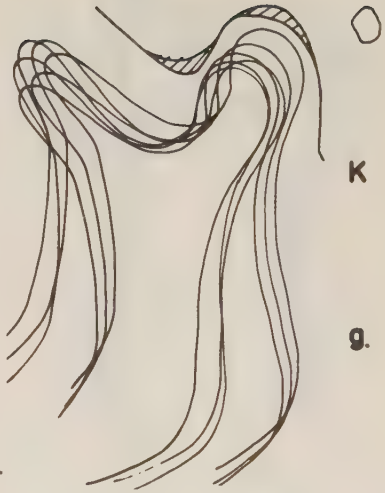


Abb. 40 (g)

Zu Abb. 41 (h)
Nun soll die Aufmerksamkeit auf die einzelnen Kaubewegungen gelenkt werden. Der Patient wird aufgefordert, ein Stück Zwieback mit seinem totalen Zahnersatz zu zerkauen. In der Zeichnung ist die Ruheschwebelage mitberücksichtigt. Diese wird erst wieder erreicht, wenn der Bissen geschluckt ist. Die Gelenkbahn ist hier wie auch beim Kauen von Vollkornbrot und einer Nuß mit der Öffnungs- und Schließbewegung zu vergleichen. Bei allen drei Kauvorgängen zeichnet sich eine Annäherung des Kondylus an die Wandkonturen der Fossa articularis ab.

Zu Abb. 42 (i)
Kauen von Vollkornbrot: Die Kondylenbewegungen erfolgen anfangs sprunghaft und gehen bald in eine gleichmäßige, bogenförmige Bahn über, wobei das Ausmaß der Bewegung abnimmt.

Zu Abb. 43 (k)
Nach der Mundöffnung sucht der Kondylus beim Aufspalten der Nuß eine Annäherung an das Tuberculum articulare und springt dann in die weiteste Rücklage. Es folgen 30 schnelle und kürzer werdende Hackbewegungen.

Abb. 41 (h)

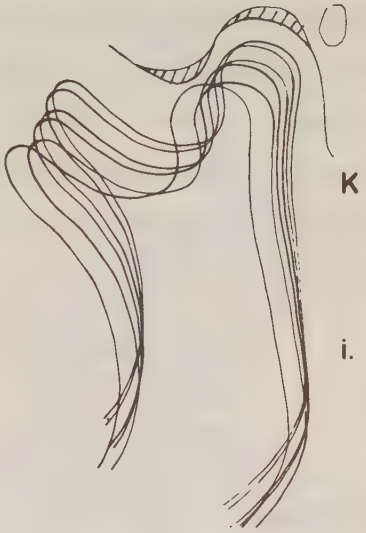


Abb. 42 (i)

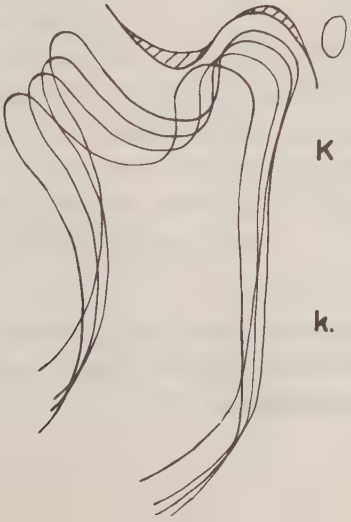


Abb. 43 (k)

(III) Herr Le. besitzt seit sieben Jahren totale Ober- und Unterkieferprothesen.
Da die Rekonstruktion der Kondylenbahn in den Aufzeichnungen der Öffnungs- und Schließbewegungen sowie alle Verschiebungen geringen Ausmaßes im Okklusionsfeld keinerlei Änderung zu den bereits gezeigten Bildern aufweisen, kann auf deren Darstellung verzichtet werden. Die folgenden dargestellten Filmabschnitte sind mittels der vergrößerten Ausschnittsfernsehdurchleuchtung aufgenommen worden.

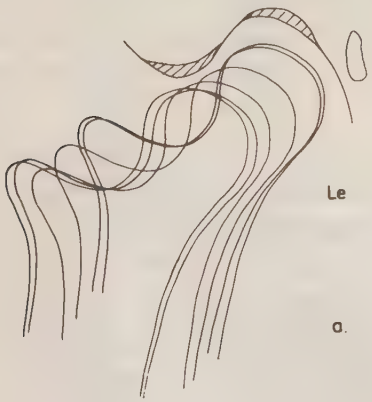


Abb. 44 (a)

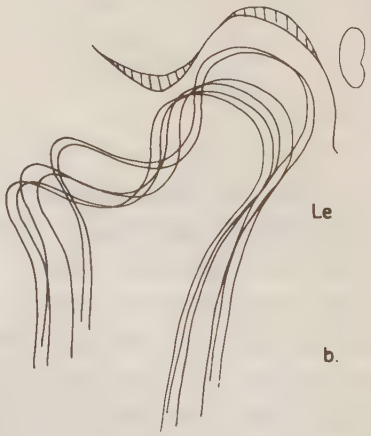


Abb. 45 (b)

Zu Abb. 44 (a)
Extreme Bewegungen zur Seite bei Kontakt der Mittelwertkalottenschablonen ergeben zügig durchgeführte, bogenförmige Kondylenbahnen.

Zu Abb. 45 (b)
Dieselben Bewegungen mit der übersteigerten Kalotte weisen eine Krümmung der Gelenkbahn auf, die ungefähr der Walloberfläche entsprechen. Gewisse Behinderungen der Bewegungsdurchführung ergeben sich aus der Tatsache, daß die Verschiebungen des Unterkiefers zur Seite wesentlich langsamer vonstatten geht als die Rückführung in die Ausgangsposition. Eine Retropulsion ist hier nicht ausfindig zu machen.

Zu Abb. 46 (c)
Bei der umgekehrten Kalotte - wie auch bei den planen Wällen - ist der Patient sichtlich bemüht, weite Seitwärtsverschiebungen unter flächigem Kontakt richtig auszuführen. Dies gelingt ihm nur bis zu einem gewissen Grad; dann tritt das Christensen'sche Phänomen ein, und die "Prothesen" werden abgehebelt.
Die Betrachtung der Kondylusbewegung bestätigt die unbequeme Führung, indem das Kiefergelenkköpfchen in der Gelenkpfanne hin und her pendelt. Die am weitesten ventral gelegene Position des Unterkiefers entspricht der Stellung bei der Mundöffnung, nämlich in dem Augenblick, wenn sich die obere Platte gelöst hat.

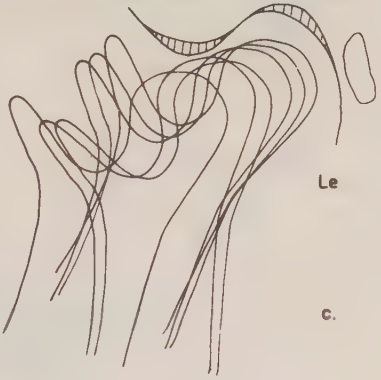


Abb. 46 (c)

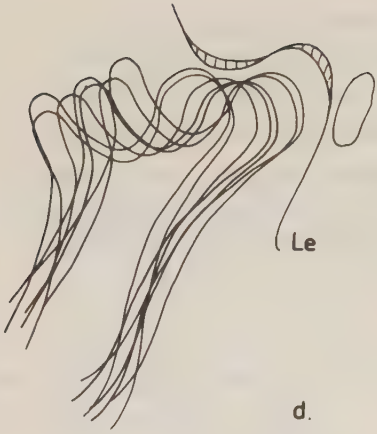


Abb. 47 (d)

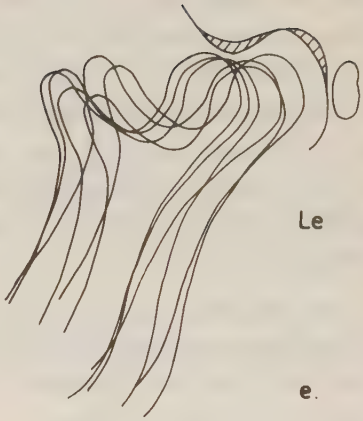
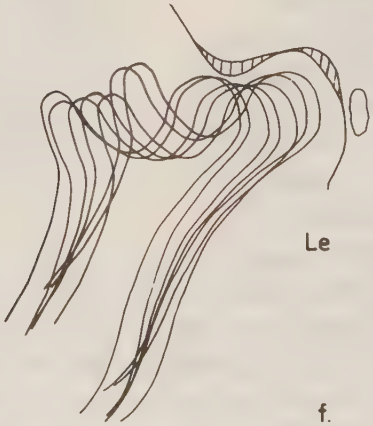


Abb. 48 (e)

Abb. 49 (f)



Zu den Abbildungen 47 (d), 48 (e) und 49 (f) in der Reihenfolge: Kauen von Zwieback, Vollkornbrot und Nuß mit totalen Prothesen.
Die Szenen der Kauvorgänge sind wieder mit normaler Bildeinstellung gedreht worden.

In der Abbildung d sind als Grenzen des Bewegungsfeldes einmal die Ruheschwebelage, zum anderen die weiteste Mundöffnung eingezeichnet. Dazwischen pendelt der Kondylus in bogenförmigen, schnellen, rhythmischen Hackbewegungen. Die Kondylenbahn wird zusehens gleichförmiger und nimmt in der Ausdehnung ständig ab, um schließlich mit einer kleinen Orientierungsbewegung zu enden, bei der die Nahrung für den Schluckakt zurechtgeschoben wird.
Das gleiche gilt für das Kauen von Vollkornbrot. Sowohl bei diesem als auch beim Zerkleinern der Nuß erinnern die Kondylenbahnen an diejenigen beim Öffnen und Schließen des Mundes.

(IV) Herr Kb. als letzter der Deckbißfälle, ist seit einem Jahr im Besitz von totalen Prothesen für Ober- und Unterkiefer.

In klinischer Hinsicht wäre bei dem Patienten zu erwähnen, daß sich die Bewegungen des Unterkiefers, insbesondere bei Seitwärtsverschiebungen mit den verschiedenen Bißschablonen, in engen Grenzen abspielt.
Da bei der funktionellen Relationsbestimmung der ermittelte Wert der Bißhöhe nach extraoralen Gesichtspunkten zu niedrig erschien, wurden bei dem unteren Kunststoffwall mit der Mittelwertkalottenwölbung ein entsprechender Aufsatz angefertigt, der auf die Schablonenoberfläche aufzustecken ist und den Abstand vom Unterkiefer zum Oberkiefer um 1,5 cm vergrößert. Die Bewegungen wurden sowohl mit als auch ohne dieses Schaltstück gefilmt.

Zu Abb. 50 (a)
Sehr eindrucksvoll zeichnet sich das Herumschwingen des Kondylus um das Tuberculum articulare bei der Öffnungs- und Schließbewegung ab. Der Processus muscularis durchläuft bei der Mundöffnung eine mehr nach kranial gerichtete Gerade, während beim Schließen des Mundes die Bahn unterhalb davon liegt, da der ganze Unterkiefer nach distal schwenkt.

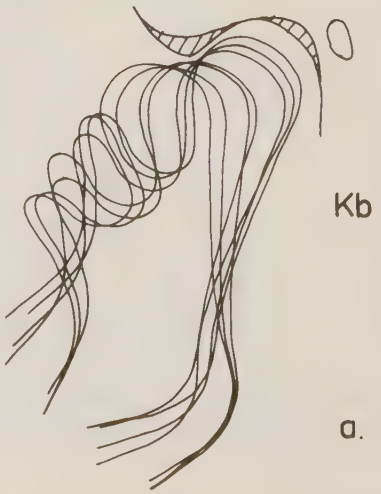


Abb. 50 (a)

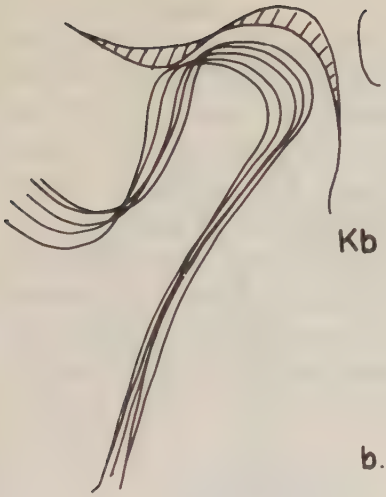


Abb. 51 (b)

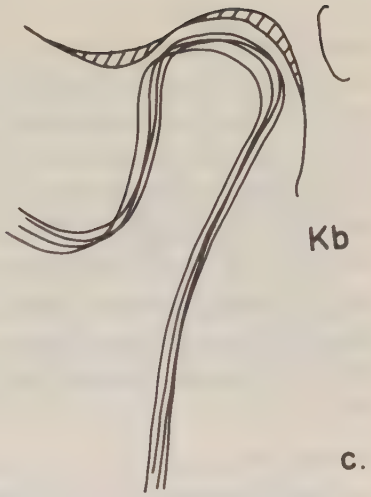


Abb. 52 (c)

Zu Abb. 51 (b)
Es werden nun extreme Bewegungen der Mittelwertkalotte mit der richtigen Bißhöhe dargestellt. Das Bewegungsfeld ist im Vergleich zu den entsprechenden Bildern der anderen Patienten eingeengt. Die Kondylenbahn ist nur leicht gekrümmt.

Zu Abb. 52 (c)
Kleine Verschiebungen des Unterkiefers mit der Mittelwertkalotte in absichtlich vergrößertem Unterkieferabstand geben die üblichen Rotationen des Kondylus innerhalb des Okklusionsfeldes wieder, wobei jedoch das Gelenkköpfchen in die Gelenkgrube hereingedrückt wird. Große Seitwärtsverschiebungen bei der erhöhten Mittelwertkalotte sind nur im beschränktem Maße feststellbar. Der Kondylus wird tief in die Gelenkpfanne gedrückt bis zu einer weiten Retropulsion. Der Bewegungsablauf vollzieht sich sprungartig.

Zu Abb. 53 (d)
Dieses Bild trägt zur klinischen Feststellung bei, daß das Gelenk nicht in der Lage ist, sonderlich große Seitwärtsbewegungen durchzuführen. Der Kondylus springt im Ablauf von zwei Bildern zwischen der Ausgangslage und der ventralen Endposition hin und her.

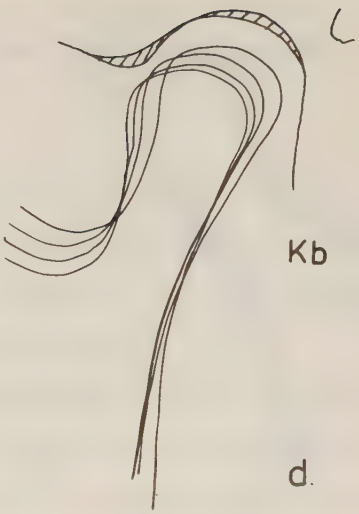


Abb. 53 (d)

Zu Abb. 54 (e)
Bei extremen Verschiebungen mit planen Wällen verläuft die Gelenkbahn annähernd linear. Der Kondylus verläßt jedoch die Fossa articularis nicht.

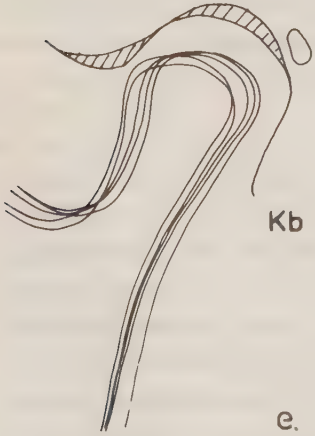


Abb. 54 (e)

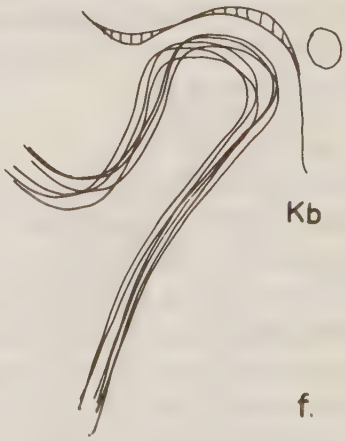


Abb. 55 (f)

Zu Abb. 55 (f)
Erst bei der Anwendung der mit umgekehrter Kalotte geformten Kunststoffwälle fällt klinisch auf, daß bei der Durchführung der beschränkt extremen Bewegungen die obere Platte in ihrem Lager stark bewegt wird; sie hebt sich jedoch nicht von der Unterlage ab. Die röntgenologische Untersuchung ergibt bei den minimalen Bewegungen lediglich ein Ausweichen des Kondylus nach distal, während überraschenderweise bei den mühevoll ausgeführten größeren Seitenverschiebungen die gleiche Situation vorliegt. Eindeutig ist, daß der Kondylus in seiner Beweglichkeit gehemmt wird.

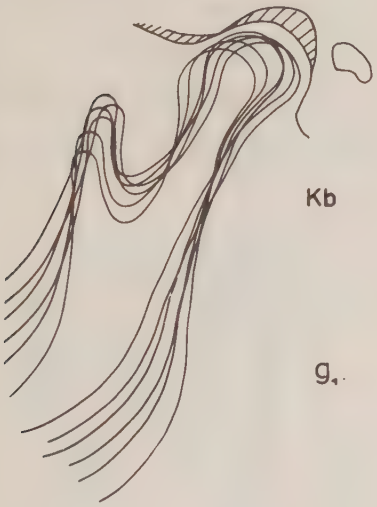


Abb. 56 (g_1)

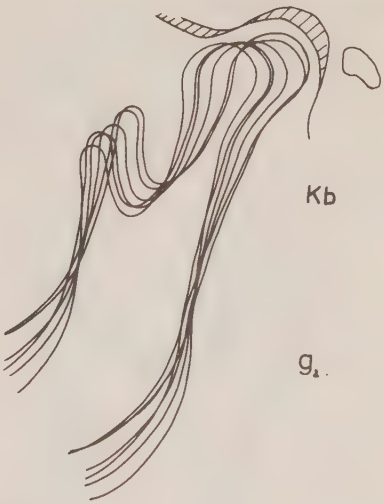


Abb. 57 (g_2)

Zu den Abbildungen 56/57 (g_1/g_2)
Während des Kauens von Zwieback sind in der Anfangsphase schnelle und ruckartige Hackbewegungen zu sehen, wobei der Kondylus in der weitesten Rücklage tief in den distalen Bereich der Fossa articularis gedrückt wird.

Mit zunehmender Zerkleinerung stellt sich eine gleichförmige, leicht gekrümmte Gelenkbahn ein.
Das Bild g_2 zeigt die achte Kaubewegung von insgesamt 24 in 182 Bildern aufgenommenen Kauphasen.
Der Zerkleinerungsprozess beim Vollkornbrot spiegelt die gleichen Verhältnisse.
Wie vom Patienten eine Nuß aufgespalten wird, ist wegen zu starker Überstrahlung des Processus zygomaticus ossis temporalis nur im Schnellauf des Projektors zu verfolgen.
der Bewegungsablauf des Kiefergelenkes deckt sich mit den schon vorher dargestellten Ergebnissen bei den anderen Patienten.

(V) Herr G., bis auf $\overline{3/}$ unbezahnt und als progener Typ bekannt, trägt seit drei Jahren eine totale obere Prothese und eine entsprechende subtotale im Unterkiefer. Klinisch läßt sich sagen, daß der Patient bei sämtlichen Formen der eingesetzten Kunststoffwälle alle ihm aufgetragenen Bewegungen des Unterkiefers ohne Schwierigkeiten unter Kontakt auszuführen im Stande ist. Selbst die extremen Verschiebungen bei den planen Wällen sowie den umgekehrten Kalotten werden in ihrer Durchführung kaum merklich gestört. Die röntgenologische Auswertung untermauert die bereits aufgeführten Ergebnisse sowohl bei der Öffnungs- und Schließbewegung als auch bei den kleinen und großen Verschiebungen mit der Mittelwertkalotte.

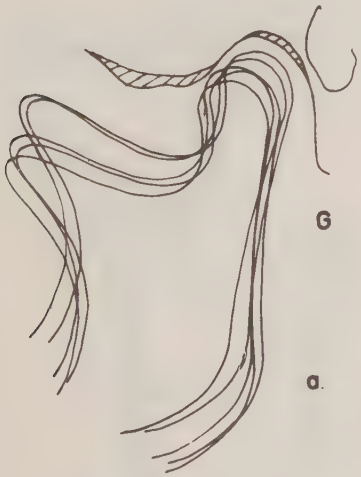


Abb. 58 (a)

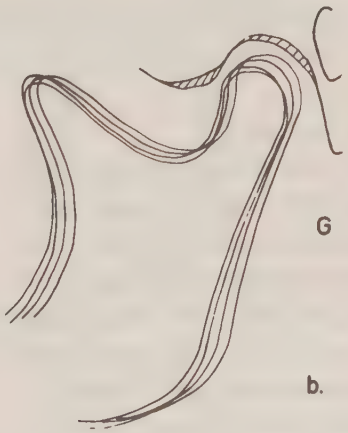


Abb. 59 (b)

Zu Abb. 58 (a)
Der Gelenkkopf legt bei der Darstellung von minimalen Bewegungen mit der übersteigerten Kalotte den Weg Ruheschwebelage - Tuberculumnähe im Ablauf von drei Bildern zurück. Der Rückweg erfolgt in der gleichen Zeit, wobei der Kondylus während der Unterkieferverschiebung nach der anderen Seite die Ausgangsposition überschreitet und in Rücklage gerät. Die Krümmungskurve der Kondylenbahn zeigt eine kranial gerichtete Konkavität.
Die Filmaufnahmen mit der gleichen Kalotte unter extremen Bewegungen sind wegen schlechter Bildqualität nicht auswertbar. Klinisch ist ein einwandfreier Bewegungsmechanismus feststellbar.
In den folgenden Bildern war nur die Beobachtung des aufsteigenden Unterkieferastes mit dem Processus articularis möglich; der Processus muscularis ist schematisch angegeben.

Zu Abb. 59 (b)
Die Gelenkbahn bei planen Wällen und kleinen Bewegungen ist geradlinig.

Zu Abb. 60 (c)
Die hier demonstrierte Gelenkbahn bei extremen Bewegungen unter Kontakt von planen Schablonen beweist, wie gut sich der Unterkiefer führen läßt. Zunächst geht der Kondylus ein kurzes Stück geradlinig von der Ausgangsposition nach unten, um sich dann bogenförmig bis in unmittelbarer Tuberculumnähe zu begeben.

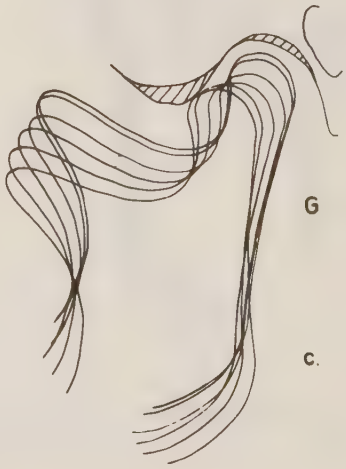


Abb. 60 (c)

Zu Abb. 61 (d)
Betrachtet man extreme Bewegungen bei der umgekehrten Kalotte, so unterstützt auch hier der reibungslose Bewegungsablauf des Kondylus die klinische Aussage. Es ist eine leicht gekrümmte, nahe der Fossa articulare verlaufende Zwangsführung von der Ausgangslage bis in Höhe des Tuberculum zu erkennen.

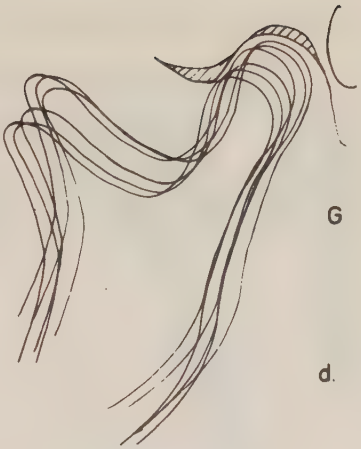


Abb. 61 (d)

Abb. 62 (e)

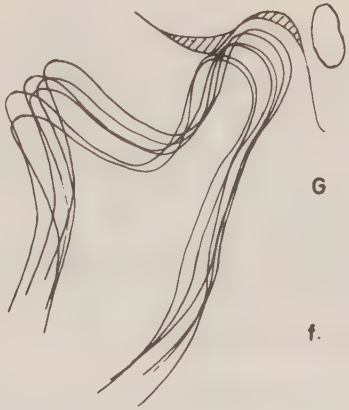


Abb. 63 (f)

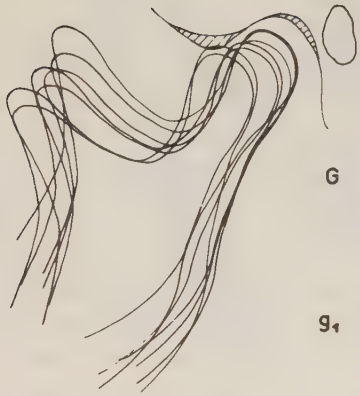


Abb. 64 (g_1)

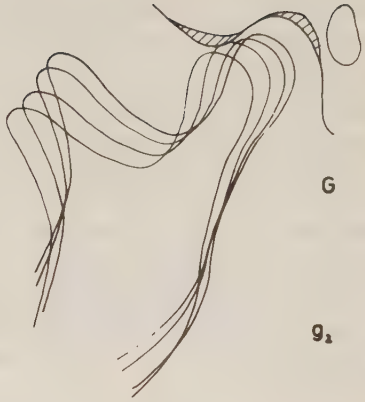


Abb. 65 (g_2)

Zu den Abbildungen 62/63/64/65 (e/f/g_1/g_2)
Verfolgt man die Gelenkbahn während der Kaubewegungen, so bestätigen die Darstellungen die schon in vorher beschriebenen Fällen gewonnenen Eindrücke.
Die Bilder e und f zeigen das Kauen von Zwieback und Vollkornbrot.
Das Bild g_1 veranschaulicht die erste Phase beim Zerkleinern einer Nuß, das Bild g_2 die letzte Kaubewegung vor dem Schlucken.

(VI) Herr W. hat sich erst vor einem halben Jahr totale Ober- und Unterkieferprothesen anfertigen lassen. Ursprünglich war bei ihm eine anatomisch korrekte Okklusion vorhanden. Damit kann eine Vergleichsmöglichkeit zwischen normalen Verhältnissen und Fällen von Dysgnathie gegeben werden.

Zu Abb. 66 (a)
Die Öffnungs- und Schließbewegung demonstriert eine bogenförmige Gelenkbahn, sowie den linearen Bewegungsablauf des Processus muscularis.

Zu Abb. 67 (b)
Der Kondylus führt bei der Anwendung von Kunststoffwällen mit der Mittelwertkalotte kleine Bewegungen im Zentrum der Fossa articularis aus.

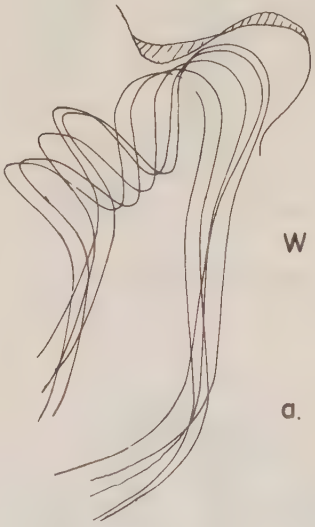


Abb. 66 (a)

Zu Abb. 68 (c)
Werden mit gleicher Kalotte extreme Seitenbewegungen ausgeführt, verlängert sich lediglich die nach kranial gewölbte Bahn und endet auf der Höhe des Tuberculum articulare. Der Bewegungsablauf verläuft sehr zügig und ausgeglichen, während die Kunststoffwälle ruhig und in gutem Kontakt bleiben.

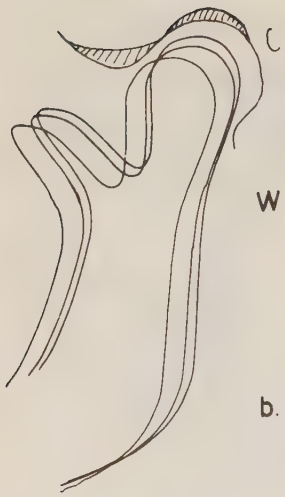


Abb. 67 (b)

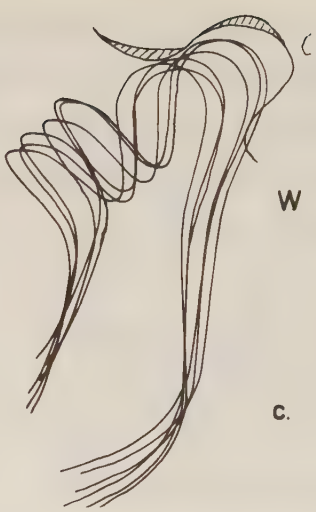


Abb. 68 (c)

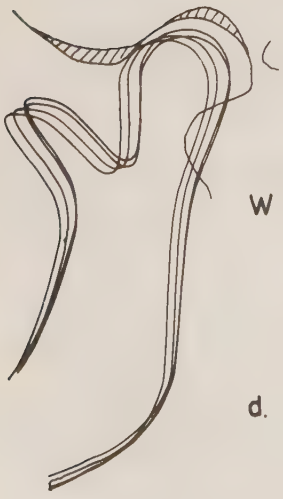


Abb. 69 (d)

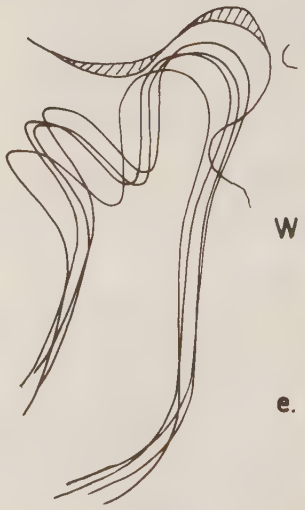


Abb. 70 (e)

Zu Abb. 71 (f)
Auch nach Einsetzen der planen Wälle ist der Patient in der Lage, Bewegungen unter Kontakt auszuführen, wobei allerdings die Haftfähigkeit der oberen "Prothese" bei extremen Seitverschiebungen aufgelöst wird.
Hier wird besonders anschaulich, wie gut sich der Unterkiefer führen läßt. Sowohl der Processus articularis wie auch der Processus muscularis gleiten entsprechend der planen Walloberfläche in einer linearen Bahn.

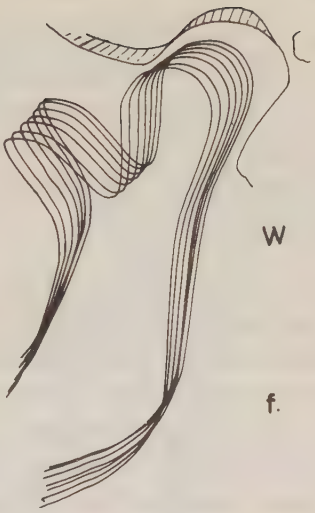


Abb. 71 (f)

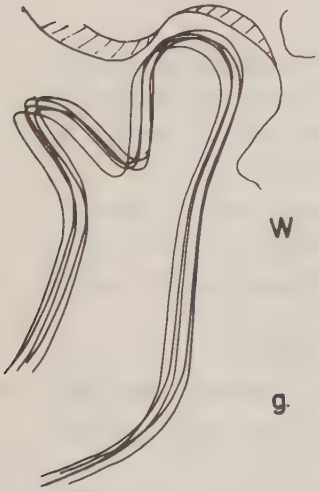


Abb. 72 (g)

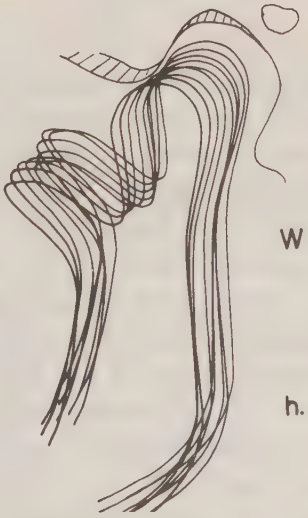


Abb. 73 (h)

Zu Abb. 72 (g)

Selbst bei der für die Gelenke unbequemsten Form von Führungswällen, nämlich der umgekehrten Kalotte, werden kleine Bewegungen klinisch noch ohne besondere Schwierigkeiten ausgeübt. Der Kondylus vollführt diese jedoch innerhalb des Okklusionsfeldes unkoordiniert und ruckartig.

Zu Abb. 73 (h)
Wenn dieser Patient größere Unterkieferverschiebungen vornimmt, werden die Schablonen im Munde stark hin- und hergeworfen, ohne sich dabei zu lösen. Die Einzelbildzeichnung des Röntgenfilmes deutet auf eine scheinbar gleichförmige Bewegung hin. Der Kondylus springt jedoch unter Wahrung einer bogenförmigen Gelenkbahn zwischen den ventralen und dorsalen Extremwerten hin und her. Dabei ist eine Wegverringerung zwischen Kondylus und Fossa erkennbar.

Zu den Abbildungen 74 - 80 (i_1 - l_2)
Die folgenden Bilder zeigen den Bewegungsablauf eines Kiefergelenkes beim Kauvorgang. Sie sind sich untereinander ähnlich und - wie schon früher beschrieben - den Öffnungs- und Schließbewegungen verwandt.
Bild i_1 gibt die erste Phase beim Kauen von Zwieback wieder, während Bild i_2 aus der sechsten und Bild i_3 aus der vierzehnten Kaubewegung der insgesamt 22 Bewegungsabläufe entnommen sind.
Die Bilder k_1 (zweite -), k_2 (zehnte Kaubewegung) und l_1 (erste -), l_2 (zehnte Kaubewegung) stammen aus den Filmabschnitten mit der Zerkleinerung von Vollkornbrot und einer Nuß.
Auffällig bei allen Bewegungsabläufen ist die Feststellung, daß sich der Kondylus nach jeweils kurzer Verweildauer

in der ventralen Endposition vom Tuberculum etwas nach kaudal abhebt, während der Kieferwinkelbereich nach hinten schwenkt und dann erst der Rückweg zur Ausgangsposition erfolgt.

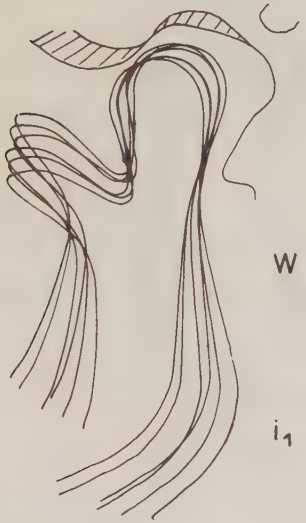


Abb. 74 (i_1)

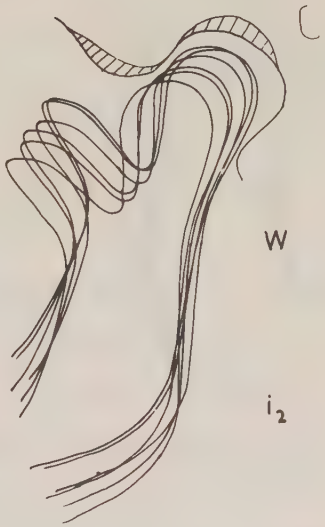


Abb. 75 (i_2)

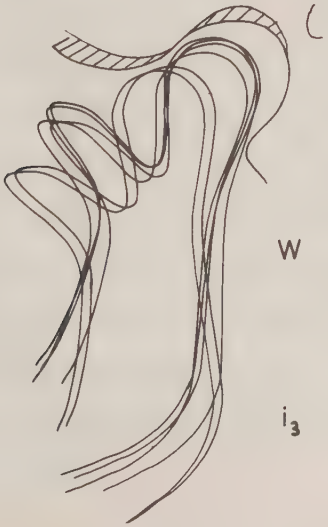


Abb. 76 (i_3)

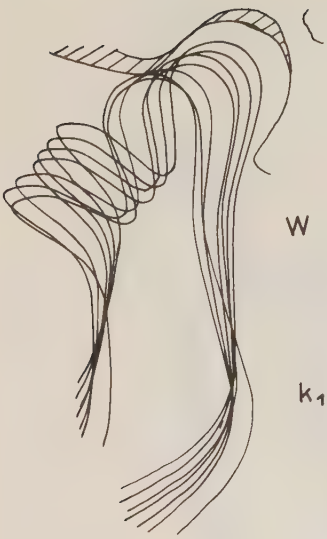


Abb. 77 (k_1)

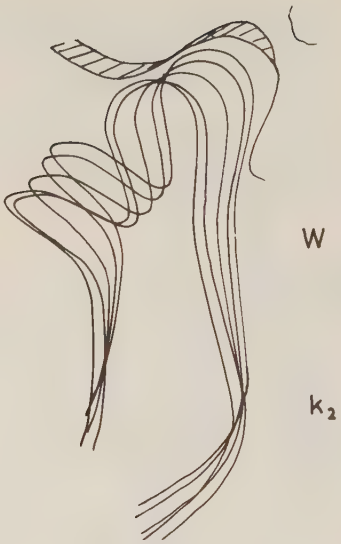


Abb. 78 (k_2)

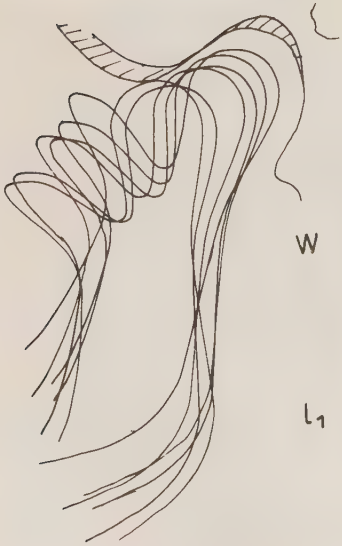


Abb. 79 (l_1)

Abb. 80 (l_2)

4. Diskussion der eigenen Ergebnisse

Um einen Gesamtüberblick von den Untersuchungsergebnissen gewinnen zu können, werden von allen untersuchten Patienten die Bewegungsabläufe der Kiefergelenke bei den jeweils bestimmten Unterkieferbewegungen unter Berücksichtigung der verschiedenen Bißtypen verglichen.

a. Vergleiche zur Form der Kondylenbahn bei Öffnungs- und Schließbewegungen und beim Kauen

Fasst man zunächst die Filmabschnitte während der Öffnungs- und Schließbewegungen zusammen, so stellt sich eindeutig die Indentität der Kondylenbahnen bei allen sechs Personen heraus. Immer ist eine bogenförmige Bewegungsbahn des Capitulum mandibulae zu beobachten, deren Konkavität nach kranial gerichtet ist. Dadurch ist man veranlaßt, an einen Kreisausschnitt zu denken. Der Kondylus schwingt um das Tuberculum articulare und legt dabei - von der Zentralokklusion ausgehend - den weitesten Weg im Vergleich zu allen anderen Bewegungen des Unterkiefers zurück. Seine ventrale Endposition variiert. Neben der nach oben gewölbten Kondylenbahn ist immer eine fast lineare Bahn des Processus muscularis auffallend. Die Bahn des Processus articularis beim Schließen ist der der Öffnungsbewegung gleich.
Verfolgt man die Bewegungsbahnen der Gelenke beim Kauen

von Nahrung verschiedener Härtegrade, so erinnern diese mit nur geringen Unterschieden an die Gelenkbahnen der Öffnungs- und Schließbewegungen. Der Bewegungsablauf spielt sich zwischen der Zentralokklusion des Kondylus und der ventralen Endposition bei der initialen Mundöffnung ab. Der Krümmungsradius der Bahn ist im Vergleich zur Öffnungsbewegung größer, d.h. die Kurve ist abgeflachter und zeigt nur noch eine leicht nach kaudal gerichtete Konvexität. Dies bezieht sich vor allem auf die Schließbewegungen beim Kauen, also in einem Augenblick der Krafteinwirkung der Kaumuskulatur, insbesondere des Musculus pterygoideus lateralis. Hier wird der Kondylus bei Beginn des Rückweges aus der ventralen Endposition vom Tuberculum articulare nach kaudal weggezogen, um sich dann erst auf der daraus resultierenden, flach nach oben gewölbten Bahn in die weiteste Rücklage zu begeben. Die Anwendung der Kaukraft scheint sich auch dadurch bemerkbar zu machen, daß sich bei allen Aufzeichnungen eine Distanzverringerung zwischen Kondylus und Fossa articulare während der Bewegungen beim Kauen herausstellt. Das bedeutet ein Nachobenpressen des Gelenkkopfes. Entsprechend der zunehmenden Nahrungszerkleinerung vergrößert sich der Kondylenabstand von der Gelenkpfanne. Die Hackbewegungen werden schneller und kürzer. Da sich die Kaubewegungen bei allen Bißtypen sehr ähnlich sind, kann die Aussage gemacht werden, daß kein Zusammenhang

zwischen der Bißart und der Gelenkbahn besteht.

b. Vergleiche zur Form der Kondylenbahn bei geführten Unterkieferbewegungen

Als weitere Erkenntnis erbringen die durchgeführten Untersuchungen die Feststellung, daß dem Kiefergelenk eine bestimmte Führung durch verschieden geformte Bißwälle zu vermitteln ist. Damit dürfte die vorherrschende Meinung von der knöchernen Führungsfläche der Kondylenbahn widerlegt sein. Es muß daher angenommen werden, daß die Form der Kiefergelenkbahn durch die Okklusionsfläche, die auf den Unterkiefer einwirkende Muskulatur und deren nervalen Steuerung bedingt wird. Diese wichtigen Tatsachen bringen die Auswertungen der Röntgenfilmabschnitte bei Unterkieferführung mit verschiedenen Schablonen zum Ausdruck. Dabei schneidet die Form der Mittelwertkalotte mit einem Radius von 11 cm am günstigsten ab. Bei allen Patienten läßt sich sowohl im Röntgenfilm als auch in der graphischen Darstellung durch Einzelbildauswertung mit dieser Kalottenform eine gleichmäßige, zügig verlaufende, bogenförmige Gelenkbahn wiedergeben. Die klinische Beobachtung über den guten Kontakt und die ruhige Lage der Kunststoffwälle auf der Schleimhaut bei extremen Seitwärtsverschiebungen spricht für eine bequeme Unterkieferführung. Selbst bei der Anwendung der übersteigerten Kalotte mit einem Radius von ca. 12,5 cm ist ein verhältnismäßig gleich-

förmiger Bewegungsablauf bei weiten Seitwärtsverschiebungen an allen untersuchten Personen feststellbar. Die Krümmung der Gelenkbahn entspricht etwa der Kalottenwölbung. Bei zwei Patienten ist durch die übersteigerte Formgebung der Walloberflächen eine Retropulsion des Kiefergelenkes zu beobachten.

Erst die Führung mit planen Wällen läßt bei einigen Patienten gewiße Einengungen der Beweglichkeit des Kondylus erkennen. Während kleine Bewegungen im Okklusionsfeld noch mühelos durchgeführt werden, stellt sich bei manchen Patienten während der großen Seitwärtsverschiebungen eine Einschränkung des Kondylenbewegungsfeldes ein. Die Gelenkbahnen verlaufen entsprechend der Walloberflächen meist linear.

Die hier demonstrierten Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, daß man dem Kiefergelenk durch prothetische Unterkieferlageänderungen und andere Manipulationen im Alter viel zumuten kann, ohne sogleich funktionelle Störungen größeren Ausmaßes im Bewegungsablauf zu verursachen. Das Kiefergelenk scheint sich den geänderten Verhältnissen durch das widerstandsfähige Gelenkgewebe gut anpassen zu können.

Die Grenzen des Zumutbaren werden allerdings bei der Verwendung der umgekehrten Kalotten überschritten. Hier zeigt sich bei allen sechs Patienten, daß kleine Bewegungen im Okklusionsfeld ausgeführt werden können, jedoch

von einer sicheren Führung bei extremen Verschiebungen nicht mehr die Rede sein kann. Außer dem progenen Typ sind alle anderen Patienten nicht mehr in der Lage, größere Bewegungen unter Kontakt der Wälle auszuüben. Die Platten werden in ihrem Lager stark bewegt und zum Teil abgehebelt. Die Kondylenbewegungen verlaufen ungleichförmig und sprunghaft.

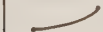
c. Vergleich zu den einzelnen Bißtypen

Zuletzt soll noch auf die verschiedenen Bißtypen eingegangen werden. Bis auf den Patienten Kb., dessen Gelenkfreiheit enge Grenzen gesetzt sind, stimmen die Ergebnisse der Untersuchungen bei den Vertretern der anderen Bißarten bis auf minimale Abweichungen überein. Die Gelenkbahn ist unabhängig von der Bißart. Alle sind in der Lage, geführte, oft schwierig erscheinende Seitwärtsbewegungen des Unterkiefers gut auszuführen, wobei der progene Typ G. am günstigsten abschneidet.

Eine Gesamtübersicht der in den Untersuchungen durchgeführten Bewegungsbahnen sollen die beiden folgenden Tabellen vermitteln. Dabei sind die einzelnen Bewegungsabläufe aus den Aufzeichnungen der Einzelbildauswertung entnommen, indem jeweils die Ortsveränderung des höchsten Punktes des Kondylus von der Ausgangs- bis zur ventralen Endposition nachgezeichnet wurde.

	Mittelwertkal.		übersteigerte Kal.		plane Wälle		umgekehrte Kal.	
	kl. Bew.	gr. Bew.	kl. Bew.	gr. Bew.	kl. Bew.	gr. Bew.	kl. Bew.	gr. Bew.
I								
II								
III								
IV								
V								
VI								

Tab. 1 : Darstellung der geführten Unterkieferbewegungen durch Mittelwertkalotten, übersteigerte Kalotten, plane Wälle und umgekehrte Mittelwertkalotten

	Auf –Zu	Zwieback	Vollkornbrot	Nuss
I				
II				
III				
IV				
V				
VI				

Tab. 2 : Darstellung der Öffnungs- und Schließbewegungen, der Bewegungen beim Kauen von Zwieback, Vollkornbrot und Nüssen

5. Diskussion der eigenen Ergebnisse zu den bisherigen Untersuchungen

Sollen die Resultate anderen Untersuchungen gegenübergestellt werden, so muß vor allem auf die Autoren H i e l s c h e r und P u f f hingewiesen werden. Auf Grund der eigenen Untersuchungsmethode kann man deren Ergebnisse mit der Feststellung ergänzen, daß sich die Bewegungsabläufe der Kiefergelenke von bezahntem und unbezahntem Kiefer nicht unterscheiden. Die Öffnungs- und Schließungsbahnen der Kondylen sind bogenförmig, mit nach kaudal gerichteter Konvexität gestaltet. Auch konnte weder eine S-förmige Bewegungsbahn (G y s i) festgestellt werden, noch die von Z i m m e r (23) beschriebene Öffnungsbahn, bei der der Kondylus erst nach abwärts und dann nach ventral - also rechtwinklig - verlaufen soll.

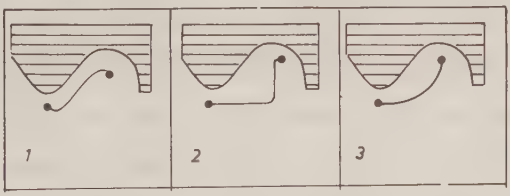


Abb. 81

Abb. 81 zeigt die schematische Darstellung der Bewegungsbahn des Kiefergelenkes nach G y s i (1), Z i m m e r (2) und H i e l s c h e r (3).

Durch die beim Kauen verschiedener Nahrungsmittel gefilmten Kondylenbewegungen und deren Einzelbildauswertung kann eindeutig festgestellt werden, daß es zu keiner knöchernen Gelenksführung kommt. Die Kondylenbahn ist abhängig von der Okklusionsfläche der Zahnreihen und von der Kaumuskulatur. Ebenso ist kein zwingender Zusammenhang zwischen Bißart und der Kondylenbahn eruierbar.

Im Gegensatz zu P u f f konnte bei der durch eine Nuß belasteten Schließbewegung zwar eine abgeflachte Bahn der Kondylen, niemals jedoch eine geradlienige beobachtet werden.

Ob der von H j ö r t s j ö (13) beschriebene Bewegungsmechanismus der menschlichen Kiefergelenke den Realitäten entspricht, läßt sich mit der hier angewandten Registriermethode nicht untersuchen.

Interessant ist das Resultat der eigenen Untersuchungen im Hinblick auf die Führbarkeit des Unterkiefers durch verschiedene Artikulationsflächen. Damit ist die lang vorherrschende Meinung hinfällig, nach der die Führung des Unterkiefers sich nach der Form der knöchernen Kiefergelenksanteile richten würde und reproduzierbar sei. Die mit der Mittelwertkalotte erzielte, sehr günstig auswirkende Gelenkführung dürfte einen weiteren Beweis für die Vertreter der "Sphärischen Theorie" mit der Spee'schen Kurve als Grundlage bringen. Es waren M o n s o n, V i l l a i n, W i l l i a m s, W a d s w o r t h,

C l a p p, W i n k l e r und P a t e r s o n Fürsprecher dieser Theorie.

F e h r (5) erkannte 1947 in der Anwendung der individuellen oder Mittelwertkalottenartikulation sowie im Aufstellen flachhöckeriger Zähne nach diesen im Munde eruierten Kauflächen eine Methode, die für die Funktionstüchtigkeit einer totalen Prothese einerseits und für einen günstigen Bewegungsablauf der Kiefergelenke andererseits spricht.

Die hier vorgelegten Ergebnisse müßten auch die Kritiker der Kalottenmethode (K ö h l e r, F r i t z, R e h m) überzeugen, auch wenn sie Bedenken gegen die Anwendung höckerloser Zähne erheben, da ihnen die habituelle Ruhelage des Unterkiefers nicht gegeben erscheint.

Es konnte mit dieser Untersuchung ein Beitrag geleistet werden, der die Vorteile der Führung der Kiefergelenke herausstreicht und damit die Anfertigung funktionstüchtiger Totalprothesen unterstützt.

III Z u s a m m e n f a s s u n g

Mit Hilfe der Röntgenkinematographie konnten bei sechs zahnlosen Patienten verschiedener Bißtypen Kiefergelenksbewegungen unter verschiedenen Bedingungen aufgenommen und durch Einzelbilder ausgewertet werden.
Es wurden von jedem der Patienten Öffnungs- und Schließbewegungen, mit vier verschiedenen Kunststoffwällen geführte, kleine und extreme Unterkieferbewegungen sowie Bewegungen beim Kauen von Zwieback, Vollkornbrot und einer Haselnuß mit Hilfe eines Röntgen-Fernsehgerätes gefilmt. Etwa 180 Meter Film (16 mm) standen zur Einzelbildauswertung zur Verfügung.
Die Kondylenbahnen bei Kaubewegungen und Öffnungs- sowie Schließbewegungen zeigen keine wesentlichen Unterschiede. Es besteht kein Zusammenhang zwischen Gelenkbahn und den knöchernen Gelenkanteilen einerseits und zwischen Gelenkbahn und Bißart andererseits.
Die Kondylenbewegungen sind durch verschiedene Artikulationsflächen führbar, wobei der günstigste Bewegungsablauf für das Kiefergelenk mit der Mittelwertkalotte von 11 cm Radius erzielt wird.

IV Literaturverzeichnis

1. Berry, H.M. und Hofmann, F.A.

Preliminary work on cinefluorography with image intensification, in the study of the temporomandibular joint

Oral Surg., S. Louis 10, 63 (1957)

2. Clementschitsch, F.

Über die Röntgenologie des Kiefergelenkes in: Fortschr. d. Kiefer- u. Gesichtschirurgie hsg. von Schuchardt, K.

Bd. VI, 46 (1960) Thieme, Stuttg.

3. Eichner, K.

Ein literarischer Überblick über die individuelle Kalottenartikulation nach Fehr

Dtsch. zahnärztl. Zschr. 8, 57 (1953)

und

Theoretische Erwägungen und prothetische Erfahrungen über die individuelle Kalottenartikulation nach Fehr

Dtsch. zahnärztl. Zschr. 8, 264 (1953)

4. Eichner, K.

Funktionelle Relationsbestimmung für die individuelle Kalottenartikulation nach Fehr

Zahnärztl. Welt 9, 239 (1957)

5. Fehr, C.U.

Die individuelle Kalottenbißnahme für den totalen Zahnersatz im Ober- und Unterkiefer

Zahnärztl. Rdsch. 12, 177 (1947)

6. Fehr, C.U.

Das Artikulationsproblem und ein neuer Artikulator

Med. Diss. Halle/S. 1921

7. H e i n z e, W.

Feststellung der ursprünglichen Bißart, insbesondere des Deckbißes und der Progenie bei totalem oder starkem Zahnverlust mit Hilfe der Fernröntgenanalyse

Med. Diss. Berlin 1962

8. H e r m a n n, B.

Kritische Untersuchungen zur sogenannten Kalottenbißnahme nach F e h r

Med. Diss. Halle/S. 1948

9. H i e l s c h e r, W. und F r o m m h o l d, W.

Röntgenkinematographische Studien zur Form der Kondylenbahn des Kiefergelenkes

Fortschr. Röntgenstr. 96, 103 (1962)

10. H i e l s c h e r, W.

Zur Kiefergelenksdiagnostik auf röntgenologischem Gebiet unter Zuhilfenahme kinematographischer Studien der kondylären Bewegungsbahnen

Dtsch. zahnärztl. Zschr. 16, 1210 (1961)

11. H i e l s c h e r, W.

Neuere Gesichtspunkte zur Diagnostik der deformierenden Arthropathien (auf Grundlage gefilmter, röntgenologischer Studien)

Dtsch. zahnärztl. Zschr. 17, 362 (1962)

12. H i e l s c h e r, W.

Eine kritische Stellungsnahme zur Diagnostik der Gelenke und der funktionsbedingten Kiefergelenkserkrankung

Österr. Zschr. f. Stomat. 58, 87 (1961)

13. H j ö r t s j ö, C.H.

Anatomie und Physiologie des Kiefergelenkes in: Fortschr. d. Kiefer- u. Gesichtschirurgie hsg. von S c h u c h a r d t, K.

Bd. VI, 16 (1960) Thieme, Stuttg.

14. J a n k e r, R.

Bewegungen im Kiefergelenk, im Hinterhauptbein-Atlasgelenk und im Bereich der Halswirbelsäule

Text zum gleichnamigen Film, Institut f. d. wissenschaftl. Film, Göttingen

15. L i n d b l o m, G.

Röntgenkinematografiska studier av käkledens rörelser

Svensk. Tandläk.-Tskr. 49, 321 (1956)

16. M a y e r, D.

Zur Theorie und Praxis der Kalottenbißnahme

Med. Diss. Leipzig 1951

17. P u f f, A.

Zur funktionellen Anatomie des Kiefergelenkes

Dtsch. zahnärztl. Zschr. 18, 1385 (1963)

18. P u f f, A. und K r a u s e, G.

Röntgenkinematographische Untersuchungen am Kiefergelenk unter funktioneller Belastung

Dtsch. zahnärztl. Zschr. 20, 189 (1965)

19. R a r i s c h, J.

Die Relationsbestimmung der zahnlosen Kiefer für die Herstellung totaler Prothesen

Med. Diss. Berlin 1954

20. S t ö b e, H.E.

Praktische Versuche im Zusammenhang mit der Fehr'schen Relationsbestimmung

Med. Diss. Berlin 1954

21. T r i d o n, M.

Technique originale de radiocinématographie en orthopédie dento-maxillo-faciale

I. dent. belge. Sondernr. 41, 72 (1950)

22. U p d e g r a v e, W.J.

A radiographic technique for the temporomandibular articulation

Amer. J. Orthodont. 39, 495 (1953)

23. Z i m m e r, E.A.

Die Röntgenologie des Kiefergelenkes

Schweiz. Mschr. Zahnhk. 51, 949 (1941)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Priv.-Doz. Dr. Eichner für die Übertragung des Themas und die hilfreiche Beratung meinen herzlichen Dank aussprechen.
Nicht weniger dankbar bin ich Herrn Priv.-Doz. Dr. Hielscher für seine zahlreichen Anregungen.
Dank gebürt auch Herrn Dr. Heinze für die hilfreiche Unterstützung.
Außerdem möchte ich den maßgebenden Herren der Siemens-Reiniger-Werke in Erlangen für die Möglichkeit der Filmherstellung danken.

Lebenslauf

Als Sohn des Zahnarztes Alfred Schmitthelm und seiner Ehefrau Johanna, geb. Beierlein, wurde ich am 25. Februar 1936 in Weßling geboren.
Von 1943 bis 1947 besuchte ich die Volksschule in Weßling und anschließend das Gymnasium in München-Pasing; ich wechselte dann zur Oberrealschule Starnberg und beendete meine Schulzeit 1959 im Franken-Landschulheim Gaibach mit bestandenem Abitur.
Meinem Berufsziel entsprechend begann ich im gleichen Jahr das Studium der Zahnmedizin an der Universität München. Nach dem 5. Fachsemester legte ich dort im April 1962 die zahnärztliche Vorprüfung ab und setzte mein Studium ab 2. klinischem Semester an der Freien Universität Berlin fort. Ich bestand hier im Frühjahr 1965 das Staatsexamen und bin seither als Assistent tätig.